台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.72 No.1 2023

Research Articles

1 Screening and Evaluation of the Potential Bacterial Antagonists for Controlling the Bacterial Soft Rot of Chinese Cabbage
Chun-Wei Chen, Yu-Yao Fu, Chia-Hsin Tsai, and Tsung-Chun Lin

13 Research on Performance Evaluation of Electronic Literature Resource System at Council of Agriculture, Executive Yuan
Lit-Fu Chan, Hsiu-Ying Lu, and Ru-Ping Lee

25 The Occurrence of *Psychopsis* Anthracnose Caused by *Colletotrichum orchidophilum* in Taiwan
Jiunn-Feng Su, Pei-Hung Lai, Lan-Yi Chien, Jin-Hsin Huang, Tsung-Chun Lin, and Ting-Fang Hsieh

39 Influence of Drying Methods of Camellia Seeds on the Quality and Bioactive Ingredients of the Pressed Oils
Ya-Lin Lee, Wei-Ting Liu, Tzu-Huan Hung, Su-Yue Lin, Yi-Han Ho, Ying-Fu Lee, Chia-Hua Chang, Chiu-Hua Chen, and Pei-Jung Chang

49 Virulence of *Colletotrichum* spp. from Different Isolating Source in Grape Orchards was Compared on Grape
Chu-Ping Lin, Jyh-Nong Tsai, Pao-Jan Ann, and Ming-Te Lu

63 Breeding of New Japonica Rice Cultivar 'Tainung 86'
Yong-Pei Wu, Ya-Yi Huang, Szu-Yi Chou, and Dah-Jing Liao

ISSN 2790-086X

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

台灣農業研究 JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH Vol.72 No.1 2023

ISSN 2790-086X
DOI:10.6156/JTAR

台灣農業研究

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol.72 No.1 2023

研究報告

1 白菜細菌性軟腐病生物防治潛力菌株的篩選與評估
陳純葳、傅愈肴、蔡佳欣、林宗俊

13 行政院農業委員會電子文獻資源體系之績效評估研究
陳烈夫、呂秀英、李如萍

25 由*Colletotrichum orchidophilum* 引起的蛾形文心蘭炭疽病
蘇俊峯、賴佩鴻、簡蘭懿、黃晉興、林宗俊、謝廷芳

39 不同乾燥方法對油茶籽油品質與其機能成分之影響
李雅琳、劉威廷、洪子桓、林素月、何奕漢、李穎甫、張家華、陳秋樺、張蓓容

49 比較分離自葡萄園之*Colletotrichum* spp.菌株對葡萄之致病力
林筑蘋、蔡志濃、安寶貞、陸明德

63 稉型水稻新品種「台農86號」之育成
吳永培、黃雅依、周思儀、廖大經

行政院農業委員會農業試驗所出版

《台灣農業研究》編審會

總編輯

謝廷芳／農業試驗所主任祕書室

副總編輯

石憲宗／農業試驗所應用動物組

領域主編 (按筆劃序)

王強生／國立中興大學農藝學系
古新梅／國立中興大學農藝學系
安寶貞／農業試驗所植物病理組
呂秀英／苗栗區農業改良場
杜宜殷／國立台灣大學園藝暨景觀學系
林彥蓉／國立台灣大學農藝學系
林慧玲／國立中興大學園藝學系
侯豐男／國立中興大學昆蟲學系
陳右人／國立台灣大學園藝暨景觀學系
陳世銘／國立台灣大學生物產業機電工程學系
陳健忠／農業試驗所應用動物組
陳琦玲／農業試驗所農業化學組
張永和／私立靜宜大學食品營養系
張瑞璋／農業藥物毒物試驗所
莊愷瑋／國立嘉義大學農藝學系
郭寶錚／國立中興大學農藝學系
黃炳文／國立中興大學應用經濟學系
黃振文／國立中興大學植物病理學系
黃裕銘／國立中興大學土壤環境科學系
黃肇家／農業試驗所作物組
楊正澤／國立中興大學昆蟲學系
楊純明／私立明道大學精緻農業學系
路光暉／國立中興大學昆蟲學系
鄒裕民／國立中興大學土壤環境科學系
劉力瑜／國立台灣大學農藝學系
蔡致榮／農業試驗所
鍾文鑫／國立中興大學植物病理學系
顏國欽／國立中興大學食品暨應用生物科技學系

英文主編 (按筆劃序)

王寅東／美國德州農工大學
張宗仁／美國喬治亞大學
楊景程／美國佛吉尼亞理工大學
鍾光仁／國立中興大學植物病理學系

邀請領域主編

阮明淑／私立世新大學新聞傳播學院

編輯助理

王立蓉／《台灣農業研究》期刊編輯室
黃鈺君／《台灣農業研究》期刊編輯室

台灣農業研究

第七十二卷　第一期　　中華民國一一二年三月三十一日

出版者　行政院農業委員會農業試驗所
發行人　林學詩
總編輯　謝廷芳
地址　413008 台中市霧峰區萬豐里中正路 189 號
網址　https://www.tari.gov.tw/jtar
電話　(04)2331-7236
E-mail　jtar@tari.gov.tw
線上投審稿系統　https://www.ipress.tw/J0042

編印　Ainosco Press
地址　234634 新北市永和區成功路一段 80 號 18 樓
電話　(02)2926-6006
E-mail　press@airiti.com

定價　新台幣一七五元
展售門市　1. 國家書店 / 104472 台北市松江路 209 號 1 樓 / 電話 : (02)2518-0207
國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場 / 400002 台中市中山路 6 號 / 電話 : (04)2226-0330

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):1–11 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0001 研究報告

白菜細菌性軟腐病生物防治潛力菌株的篩選與評估

陳純葳 [1,*] 傅愈肴 [2] 蔡佳欣 [3] 林宗俊 [3]

摘要

陳純葳、傅愈肴、蔡佳欣、林宗俊。2023。白菜細菌性軟腐病生物防治潛力菌株的篩選與評估。台灣農業研究 72(1):1–11。

由 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*) 引起之細菌性軟腐病為白菜常見病害之一，本研究目的為篩選並評估具防治本病害潛力的微生物。利用離葉接種法評估 6 株拮抗能力較佳之 *Bacillus* spp. 菌株 AC35、BAC15、NA0301、HTT-11、HTT-61 及 HTT-62 對軟腐病之防治效果，結果顯示不管使用針刺接種法或是噴霧接種法，僅接種軟腐病菌 Pcc10602 之處理組於接種後第 5 天罹病度達 100%，而供試菌株 BAC15、HTT-61 及 HTT-62 對軟腐病具有防治效果，其罹病度分別為 52.4%、57.1% 及 57.1%。溫室試驗時，利用棉花包覆法與噴霧接種法於白菜上處理 *Bacillus amyloliquefaciens* HTT-62 菌株細胞懸浮液 [濃度 10^8 colony-forming unit (CFU) mL^{-1}]，1 d 後再接種 Pcc10602 (濃度 10^5 CFU mL^{-1})，結果顯示對照組用兩種不同方式接種後 12 d 的罹病度分別為 97.9% 與 74.5%；而 HTT-62 菌株處理組較對照組延遲 2–4 d 出現病徵，且罹病度分別僅有 47.5% 與 30.2%，由此推測接種前 1 d 不論使用何種方式處理 HTT-62 均可延緩白菜軟腐病發病時間並降低罹病度。本研究證明 *B. amyloliquefaciens* HTT-62 為一具有防治白菜細菌性軟腐病的潛力菌株。

關鍵詞：白菜、細菌性軟腐病、生物防治、芽孢桿菌。

前言

結球白菜 (Chinese cabbage) 屬台灣大宗蔬菜之一，一年四季均可栽植，盛產期集中於秋、冬及春季，其主要產區在雲林縣、彰化縣、宜蘭縣及屏東縣等地。在種植期間，結球白菜的主要病害包括細菌性軟腐病、黑腐病、黑腳病及露菌病等。由 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*) 引起之細菌性軟腐病為田間許多蔬菜及花卉作物常見的病害，在白菜其主要為害地上部葉片及莖基部，初期可見植株外側呈現水浸狀病徵，嚴重時全株軟腐枯死、具惡臭，外側病葉如遇到環境變乾燥時則從病斑處脫水呈薄紙狀。本病害亦可在收穫、儲運或販賣過程中造成損失，據記載儲藏期的作物如果發生細菌性軟腐病可造成 15–30% 之損失 (Agrios 2005; Bhat *et al*. 2010; Umunna & Austin 2016)。現今的防治方法採用栽培管理及化學防治，如使用化學藥劑進行細菌性軟腐病之防治，除有容易產生抗藥性的問題外，也易有食安疑慮，因此使用非化學合成農藥方式或生物防治進行本病害之防治成為另一個研究方向。

在台灣，2013 年曾盤點國內具防治病蟲害潛力之微生物共計 64 件，其中芽孢桿菌屬 (*Bacillus* spp.) 占 31 件，木黴菌 (*Trichoderma* spp.) 和鏈黴菌屬 (*Streptomyces* spp.) 各 14 件和 8 件 (Hsieh 2014)，至今已登記為生物農藥殺菌劑的微生物有液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) Ba-BPD1 菌株 (防治對象為多種作物灰黴病)、CL3 菌株 (多種作物灰黴

投稿日期：2022 年 6 月 30 日；接受日期：2022 年 9 月 6 日。
* 通訊作者：chunwei@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組聘用助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組計畫助理。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。

病)、PMB01 菌株 (多種作物青枯病及萎凋病)、QST713 菌株 (萵苣露菌病)、Tcba05 菌株 (菜豆萎凋病)、YCMA1 菌株 (多種作物黑斑病、葉斑病、葉枯病、早疫病及桃穿孔病)、蕈狀芽孢桿菌 (*Bacillus mycoides*) AGB01 菌株 (水稻紋枯病及蘭花黃葉病)、枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) KHY8 菌株 (稻熱病、芒果炭疽病及細菌性黑斑病)、Y1336 菌株 (甘藍根瘤病、水稻紋枯病、豆科白粉病、瓜類露菌病等)、WG6-14 菌株 (水稻秧苗徒長病)、貝萊斯芽孢桿菌 (*Bacillus velezensis*) BF 菌株 (多種作物灰黴病、細菌性葉斑病、炭疽病、黑腐病及水稻白葉枯病)、BACY 菌株 (番茄細菌性斑點病)、純白鏈黴菌 (*Streptomyces candidus*) Y21007-2 菌株 (防治對象為多種果樹疫病)、蓋棘木黴菌 (*Trichoderma gamsii*) ICC 080/012 菌株 (中草藥及蔬菜疫病) 及綠木黴菌 (*Trichoderma virens*) R42 菌株 (蔬菜苗立枯病) (植物保護資訊系統，https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm)，仍以芽孢桿菌屬細菌為微生物製劑主要開發對象。目前台灣尚未有被推薦用來防治白菜細菌性軟腐病的微生物製劑，本研究目的為篩選並評估具防治本病害潛力的微生物，以供後續製成微生物製劑來防治白菜本田期及儲藏期之細菌性軟腐病。

材料與方法

供試菌株

本研究所使用的白菜細菌性軟腐病菌為農業試驗所植物病理組細菌研究室保存之 *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* Pcc10602，供試有益微生物菌株則為菌類生技研究室從健康或腐爛之稻稈分離並純化保存的菌株，其採集地點及相關資料請見表 1。Pcc10602 供試菌株均先利用移植環從冷凍保存管中取出並劃至 Nutrient Agar (NA; BD Difco™, Franklin Lakes, NJ, USA) 培養基平板上，隨後放置於 28℃環境下生長，之後再挑選單一菌落移植更新兩次使其活化，以供後續試驗使用。

供試植物

本研究分別使用結球白菜之切離葉組織塊與盆栽白菜進行後續試驗。市售結球白菜進行表面清潔消毒後，利用消毒過之剪刀將結球白菜莖部裁切成面積 6.0 cm × 4.0 cm 大小之組織塊，並將切離葉組織塊浸泡於 75% 酒精 (v/v) 內 30 s 後置於培養皿 (直徑 9 cm) 中風乾表面多餘水分，再使用滅菌消毒過之棉花包覆切離葉組織塊兩端切口，最後於每個棉花上滴入 1 mL M-solution (mannitol 10 mg L^{-1} + benzimidazole 0.03 mg L^{-1}) 使其保持濕潤，以延緩切離葉組織塊變質的速度。溫室試驗使用之盆栽白菜品種為「玉豐」(農友種苗)，首先於溫室中將種子播種至含泥炭土介質的 5 吋黑色軟盆中，每盆 1 株，培養溫度約為 28 ± 5℃，直至白菜植株 4 wk 大時進行試驗。

利用平板法篩選具拮抗能力之微生物菌株

將病原菌 Pcc10602 接種至 Nutrient Broth (NB; BD Difco™, Franklin Lakes, NJ, USA) 液體培養基中震盪培養 (28℃，轉速 120 rpm) 24 h 後，高速離心 8 min (8,000× *g*)，去除上清液後再加入無菌水配製成 10^7 colony-forming unit (CFU) mL^{-1} 之細胞懸浮液 [optical density $(OD)_{600}$ = 0.3]，並依照 1：9 比例將 Pcc10602 細胞懸浮液加入尚未凝固之 NA 及 Tryptone Soy Agar (TSA; BD Difco™, Franklin Lakes, NJ, USA) 培養基中，混合均勻後將其倒至培養皿中製備成含菌平板。將培養於 NA 平板上 (28℃, 48 h) 之 35 株供試 *Bacillus* spp. 利用移植環分別點至含菌平板上，每一處理 4 重複，隨後於 28℃下培養 48 h 後測量其菌落與抑制圈直徑大小。

病原菌 Pcc10602 不同接種量對白菜軟腐病發生之影響

首先利用含 0.05% (v/v) Tween 80 的無菌水將培養於 NA 平板 48 h 之病原菌 Pcc10602 配製成 10^7 CFU mL^{-1} 的細胞懸浮液 (OD_{600} = 0.3)，並序列稀釋成 10^3–10^6 CFU mL^{-1} 之細胞懸浮液。利用蟲針於白菜莖基部製造傷口，將滅菌消毒過之棉花平鋪於傷口上，分別取 2 mL 10^3–10^7 CFU mL^{-1} 之 Pcc10602 細胞懸浮液滴至棉花上，並以無菌水作為對照組，每處理 5 棵，之後移置於溫室內並每天調查病害發

表 1. 供試有益微生物資訊。

Table 1. The information of 35 microorganisms tested in this study.

Scientific name	Code	Collection place	Time of collection
Bacillus amyloliquefaciens	37P-2	Wufeng, Taichung	July 2011
	37P-4	Wufeng, Taichung	July 2011
	AC35	Mailiao, Yulin	August 2009
	BAC15	Pitou, Changhua	March 2013
	HTT-11	Citong, Yulin	February 2012
	HTT-61	Citong, Yulin	February 2012
	HTT-62	Citong, Yulin	February 2012
	NA0301	Nantou, Nantou	August 2009
	P2-2	Wufeng, Taichung	July 2011
	P2-8	Wufeng, Taichung	July 2011
	P3-2-2	Wufeng, Taichung	July 2011
	P4-1-2	Wufeng, Taichung	July 2011
	T1-7-3	Wufeng, Taichung	July 2011
	T3-2-4	Wufeng, Taichung	July 2011
	T3-2-5	Wufeng, Taichung	July 2011
	TJP-2	Tianzhong, Changhua	September 2012
	TJP-4	Tianzhong, Changhua	September 2012
	TJP-6	Tianzhong, Changhua	September 2012
	TWP-1	Ershui, Changhua	September 2012
	TWP2-4	Ershui, Changhua	September 2012
	TWP2-5	Ershui, Changhua	September 2012
	TWP2-6	Ershui, Changhua	September 2012
	WP-2	Mailiao, Yulin	April 2012
	XLP-3	Xiluo, Yulin	February 2012
Bacillus cereus	HLP2-1	Houli, Taichung	September 2012
	LOP-2	Xiluo, Yulin	February 2012
Bacillus pumilus	TWP3-8	Ershui, Changhua	September 2012
	TWT-2	Ershui, Changhua	September 2012
Bacillus subtilis	37P-8	Wufeng, Taichung	July 2011
	LNP-1	Linnei, Yulin	July 2011
	LNP-8	Linnei, Yulin	July 2011
	LNT-2	Linnei, Yulin	July 2011
	NA1102	Nantou, Nantou	August 2009
	TWP3-7	Ershui, Changhua	September 2012
	TWP-8	Ershui, Changhua	September 2012

生情形，共試驗 5 次。溫室試驗所使用的病害指數 (disease index) 以植株整體軟腐面積占比進行分級，分為 0–5 級，無病徵為 0 級，病徵出現 1–25% 為 1 級，26–50% 為 2 級，51–75% 為 3 級，76–90% 為 4 級，> 90% 至全株死亡為 5 級。罹病度 (disease severity, %) = Σ(指數 × 該指數植株數量)/(5 × 總供試植株數量) × 100%。

評估拮抗微生物對白菜細菌性軟腐病之防治效果-切離葉接種法

為進一步確認具有拮抗 *Pcc* 能力之微生物菌株在白菜上的防治能力，將先採用切離葉接種法進行評估。結球白菜切離葉組織塊與 Pcc10602 細胞懸浮液製備步驟如前述，供試微生物則選取 6 株拮抗能力較佳之菌株 (AC35、BAC15、NA0301、HTT-11、HTT-61 及 HTT-62) 與 1 株拮抗能力較弱之菌株 (NA1102)，分別於 Tryptic Soy Broth (TSB; BD Difco™, Franklin Lakes, NJ, USA) 中震盪培養 48 h (28℃，轉速 120 rpm) 後高速離心 8 min (8,000× *g*)，去除上清液後再利用無菌 TSB 配製成 10^9 CFU mL^{-1} 之細胞懸浮液備用，另以無菌水及殺細菌劑歐索林酸 [Oxolinic acid；金星，台灣住友化學股份有限公司，台灣台北市；20% (w/v) 可濕性粉劑] 1,000× 水稀釋液作為對照組，試驗處理方式使用針刺接種法 (Puncture) 及噴霧接種法 (Spray) 兩種，每處理 6 重複。針刺接種法修改自 Garge & Nerurkar (2017) 之共同培養接種法，分別取等體積之 Pcc10602 細胞懸浮液與供試微生物細胞懸浮液進行混合，混合後之濃度分別為 10^5 及 10^8 CFU mL^{-1}，震盪培養 12 h 後從混合液中取 10 µL 滴至於切離葉組織塊中央使用消毒過之針頭製造的傷口處；噴霧接種法則先將供試微生物之細胞懸浮液 (10^8 CFU mL^{-1}) 均勻噴灑在具有傷口之切離葉組織塊表面，24 h 後再將 10 µL Pcc10602 (10^5 CFU mL^{-1}) 接種於組織塊傷口處。完成病原菌接種之切離葉組織塊隨後放入培養皿中並以石蠟膜密封，置於 28℃培養 120 h，每天記錄病害指數，並換算成罹病度。切離葉接種試驗的病害指數以病斑占離葉組織塊表面積之百分率為判定依據，共分為 0–7 級，無病徵為 0 級，1–15% 為 1 級，16–30% 為 2 級，31–45% 為 3 級，46–60% 為 4 級，61–75% 為 5 級，76–90% 為 6 級，91–100% 為 7 級。罹病度 (%) = Σ(指數 × 該指數組織塊數量)/(7 × 總測試組織塊數量) × 100%。

溫室內評估拮抗微生物對白菜細菌性軟腐病之防治效果

本試驗選取 *B. amyloliquefaciens* HTT-62 做為供試微生物，白菜植株培育、Pcc10602 以及 HTT-62 細胞懸浮液製備步驟如前述。至白菜植株 4 wk 大時，用蟲針於白菜莖基部製造傷口後進行接種處理，接種方式使用棉花包覆法 (Cotton-cover) 及噴霧接種法兩種，前者將滅菌消毒過之棉花置於傷口上，並滴入 2 mL HTT-62 細胞懸浮液 (10^8 CFU mL^{-1})，24 h 後換上含有 2 mL Pcc10602 細胞懸浮液 (10^5 CFU mL^{-1}) 之棉花置於傷口處；噴霧法則是先將 HTT-62 細胞懸浮液噴灑至傷口處，24 h 後再以相同方式接種 Pcc10602。兩種接種處理法均以無菌水作為對照組，每處理 5 盆，共試驗 5 次，之後放置於溫室內並每天觀察調查病害發生情形，以評估其防治效果。

結果

利用平板法篩選具拮抗能力之微生物菌株

根據結果可見 35 株 *Bacillus* spp. 在 NA 與 TSA 平板上形成之菌落及抑制圈大小有所差異。在 NA 平板上 (圖 1A)，37P-8、LNP-8、LNT-2、LOP-2、NA1102、TJP-6 及 TWP-8 等 7 株菌株不產生抑制圈，而 HIP2-1、P-2-2、P3-2-2、T1-7-3、T3-2-4、T3-2-5、TJP-4、TWP2-5、TWP3-7 及 TWP3-8 等 10 株菌株形成之抑制圈較菌落小，其餘 18 株菌株均產生比菌落大之抑制圈，HTT-62 (10.2 mm)、HTT-61 (10.2 mm)、AC35 (10.0 mm)、NA0301 (9.8 mm) 以及 WP-2 (9.7 mm) 為產生抑制圈最大的前 5 名；在 TSA 板上 (圖 1B)，HIP2-1、LNP-8、LOP-2、T3-2-4、TWP2-6、TWP-8、TWT-2 及 XLP-3 等 8 株不產生抑制圈，其餘 27 株菌株均產生較菌落大之抑制圈，HTT-11 (14.8 mm)、HTT-62 (13.6 mm)、HTT-61 (12.8 mm)、BAC15 (11.3 mm) 以及 LNP-1 (10.2 mm) 為產生抑制圈最大的前 5 名。最後選取在兩種平板中各自排名前 4 名的 6 株菌株 (AC35、BAC15、NA0301、HTT-11、HTT-61 和 HTT-62)，以及 1 株在 NA 平板上無產生抑制圈但在 TSA 平板上產生抑制圈的菌株 NA1102 進行後續研究。

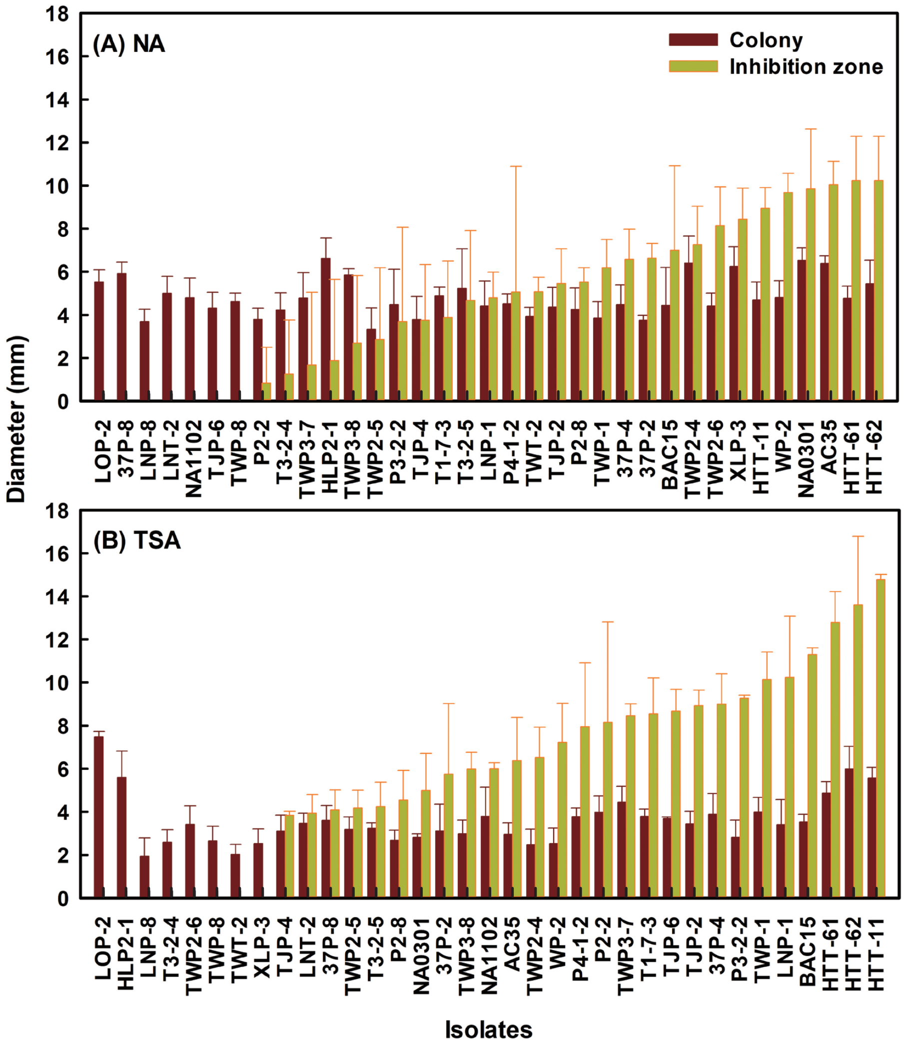

圖 1. 利用 (A) Nutrient Agar (NA) 與 (B) Tryptone Soy Agar (TSA) 平板測試 35 株供試 *Bacillus* spp. 對白菜細菌性軟腐病菌 Pcc10602 的拮抗能力。

Fig. 1. Antagonistic ability of 35 *Bacillus* spp. against bacterial soft rot pathogen Pcc10602 on (A) nutrient agar (NA) plates and (B) tryptone soy agar (TSA) plates.

接種不同濃度病原菌 Pcc10602 細胞懸浮液對結球白菜切離葉與溫室白菜軟腐病發生之影響

為進行後續評估供試微生物防治能力的試驗，需選擇一發病速度較緩慢之接種濃度進行試驗。在盆栽試驗結果中可見不同接種濃度對白菜細菌性軟腐病的發病時間與罹病度有差異 (圖 2)。接種高濃度 10^7 及 10^6 CFU mL^{-1} Pcc10602 細胞懸浮液之發病時間與發病進程相似，均於接種後第 2 天 [days after inoculation (DAI) 2] 即開始出現病徵，罹病度分別為 18.6% 及 19.0%，至 DAI 6 全株死亡 (罹病度 100%)；接種 10^5 CFU mL^{-1} Pcc10602 細胞懸浮液則於 DAI 4 開始發病 (罹病度 18.4%)，DAI 7 罹病度才超過一半達 65.6%，至 DAI 12 才完全死亡；至於接種低濃度 10^4 及 10^3 CFU mL^{-1} Pcc10602 細胞懸浮液之發病時間與發病進程明顯與前面三

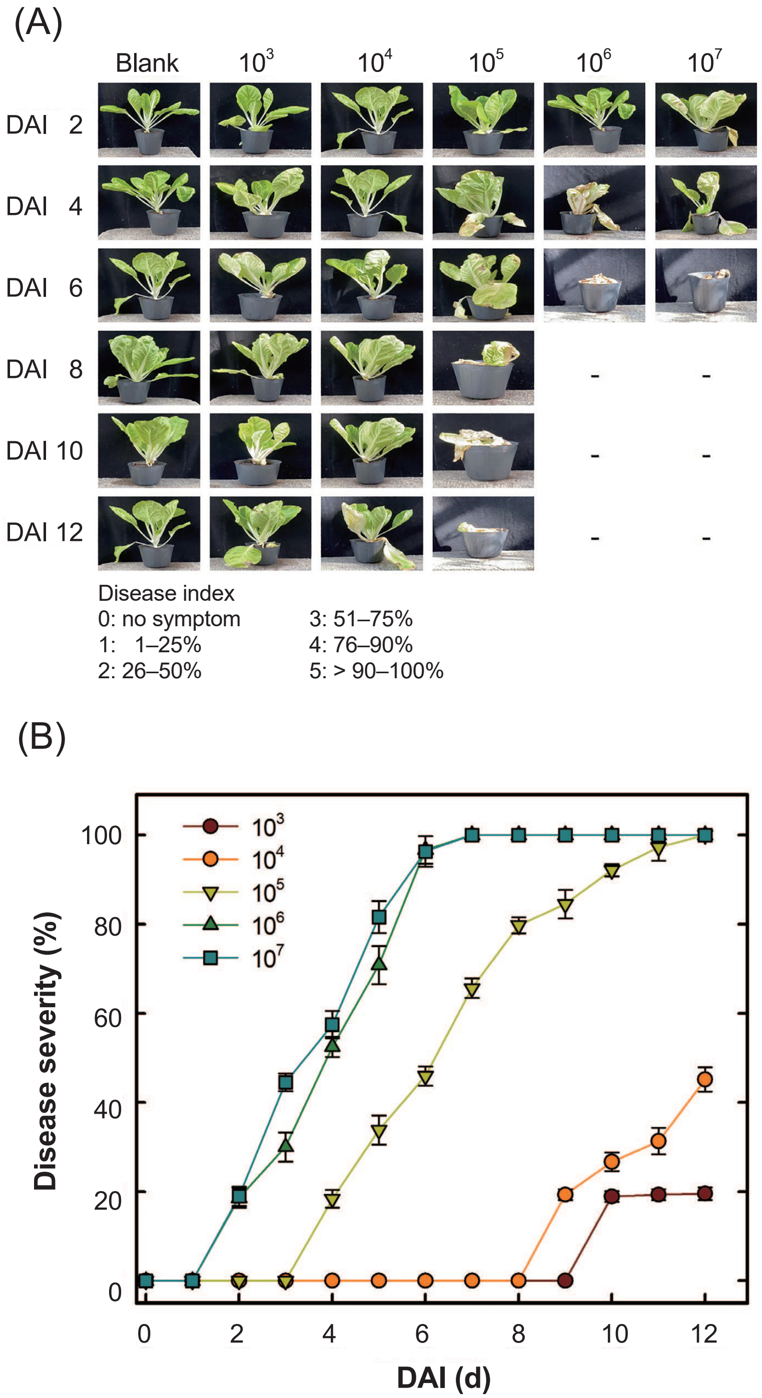

圖 2. 接種不同濃度 [colony-forming unit (CFU) mL^{-1}] 之細菌軟腐病菌 Pcc10602 對白菜植株 (A) 生長情形與 (B) 罹病度之影響。

Fig. 2. Effects of the inoculation with the different concentrations [colony-forming unit (CFU) mL^{-1}] of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* Pcc10602 on (A) the growth of the Chinese cabbage and (B) the disease severity of bacterial soft rot. Disease severity (%) = Σ(disease index × numbers of leaf tissue for this index)/(5 × total numbers of leaf tissue) × 100%. DAI: Day after inoculation.

種處理組不同，分別於 DAI 9 及 DAI 10 開始出現病徵，罹病度分別為 19.3% 及 18.9%，至 DAI 12 時之罹病度分別為 45.1% 及 19.5%，且接種 10^3 CFU mL^{-1} Pcc10602 細胞懸浮液的病勢進展呈現停滯狀態。

評估拮抗微生物對白菜細菌性軟腐病菌之防治效果-離葉接種法

結球白菜切離葉組織塊分別利用針刺接種法與噴霧接種法處理後，每天觀察其發病情形，結果如圖 3 所示，不同微生物菌株處理在兩種接種法上對白菜軟腐病的防治效果有所差異，其中只接種病原菌 Pcc10602 之對照組均於 DAI 5 罹病度達 100%，農藥對照組則均不發病，兩種接種法的發病趨勢相似。7 株供試菌株中的 AC35、NA0301 及 NA1102 前期罹病度雖然比病原菌對照組低，但至 DAI 4 時其罹病度則趨近病原菌對照組，甚至在噴霧接種處理組 (85.7%) 中高於病原菌對照組 (81.0%)，DAI 5 時罹病度全達 100%；HTT-11 處理組於 DAI 4 時罹病度僅達 61.9 (共同接種法) 及 66.7% (噴霧接種法)，但至 DAI 5 時罹病度仍全達 100%，無防治效果；菌株 BAC15、HTT-61 及 HTT-62 則明顯可見對軟腐病具有防治效果，至 DAI 5 時共同接種法的罹病度分別為 52.4、57.1 及 57.1%，噴霧接種法的罹病度稍高，分別為 61.9、66.7 及 66.7%。

溫室內評估拮抗微生物對白菜細菌性軟腐病之防治效果

於溫室利用不同方式 (棉花包覆法與噴霧接種法) 於白菜植株上施用 HTT-62 細胞懸浮液，24 h 後再用相同方式接種軟腐病菌 Pcc10602，隨後每天觀察其發病情形，結果發現使用棉花包覆法 (圖 4A) 的對照組於 DAI 4 開始出現病徵 (罹病度 19.7%)，而 HTT-62 處理組則於 DAI 8 才開始出現病徵 (罹病度 19.7%)，至 DAI 12 時對照組與 HTT-62 處理組之罹病度分別為 97.9 及 47.5%；噴霧接種法處理的對照組至 DAI 5 出現病徵 (圖 4B)，但病勢進展較慢，至 DAI 12 罹病度僅 74.5%，HTT-62 處理組於 DAI 7 開始出現病徵，至 DAI 12 的罹病度為 30.2%。上述結果顯示接種前 1 d 使用菌株 HTT-62 可以延遲白菜軟腐病的發病時間，並且明顯降低其罹病度。

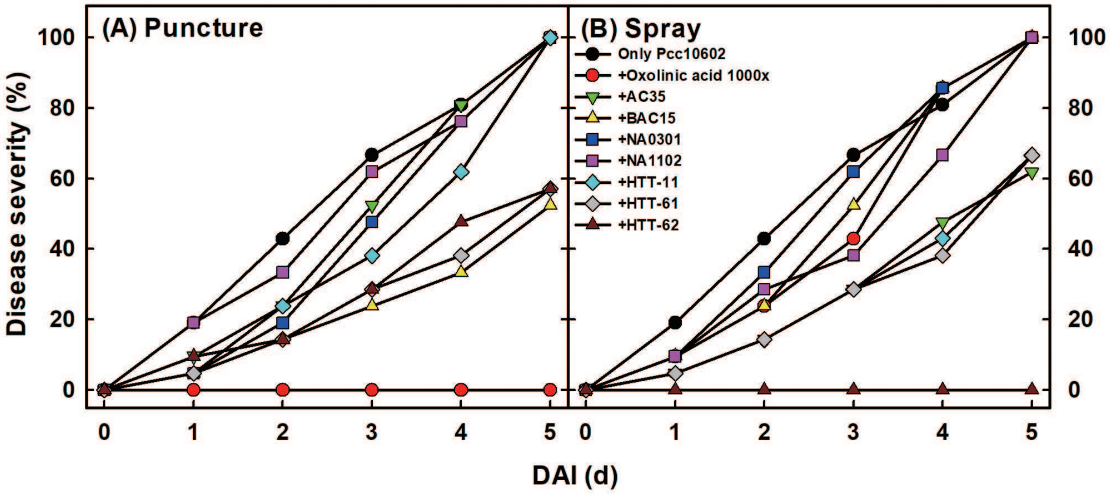

圖 3. 在白菜切離葉組織塊上利用 (A) 針刺接種與 (B) 噴霧接種法分別接種 7 種供試 *Bacillus* spp. (AC35、BAC15、NA0301、NA1102、HTT-11、HTT-61 及 HTT-62) 後對細菌性軟腐病之影響。

Fig. 3. Effects of the seven *Bacillus* spp. (isolate AC35, BAC15, NA0301, NA1102, HTT-11, HTT-61, and HTT-62) on the disease severity of the bacterial soft rot by using the (A) puncture and (B) spray methods on Chinese cabbage leaf tissue. DAI: Day after inoculation.

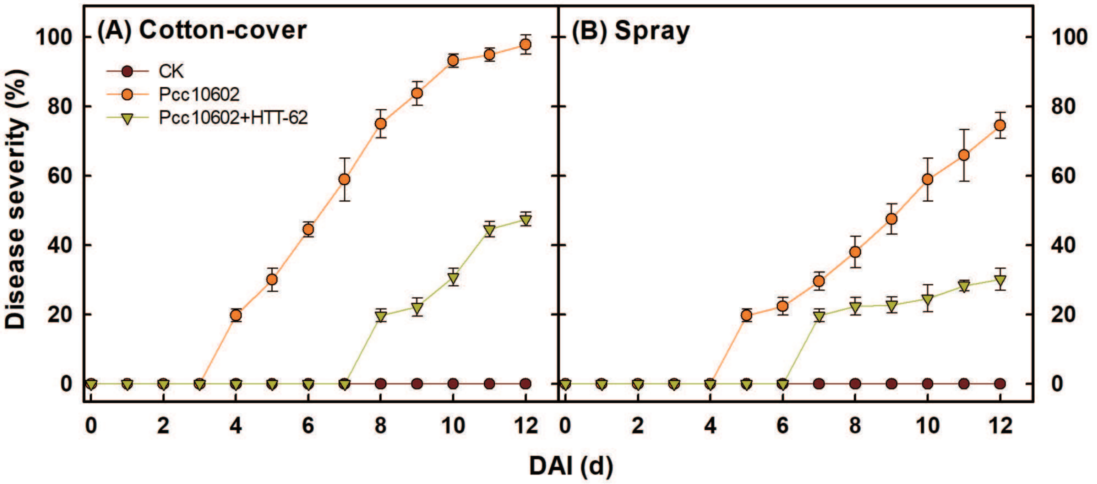

圖 4. 利用 (A) 棉花包覆法與 (B) 噴霧接種法接種液化澱粉芽孢桿菌 HTT-62 [10^8 [colony-forming unit (CFU) mL^{-1}] 及病原菌 Pcc10602 (10^5 CFU mL^{-1}) 對白菜軟腐病之罹病度的影響。

Fig. 4. Effects of inoculation of *Bacillus amyloliquefaciens* HTT-62 and *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* Pcc10602 by using (A) cotton-cover and (B) spray methods on the disease severity of the Chinese cabbage soft rot. The inoculation concentration of HTT-62 and Pcc10602 was 10^8 and 10^5 CFU mL^{-1}, respectively. DAI: Day after inoculation.

討論

在台灣，防治白菜軟腐病多採用栽培管理法及化學防治法，但可使用在白菜上的化學農藥僅 68.8% 多保鏈黴素可濕性粉劑、12.5% 鏈黴素溶液以及 16.5% 鏈土黴素可濕性粉劑 (植物保護資訊系統，https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm)，此些農藥殺菌作用機制單一 (抑制蛋白質合成)，且無法被用來防治採收後儲藏期的軟腐病發生，因此開發可用來防治軟腐病的非農藥資材或生物防治菌產品。目前被認為具潛力可做為防治細菌性軟腐病的微生物有芽孢桿菌 (*Bacillus*)、放線菌 (Actinomycete)、假單胞菌 (*Pseudomonas*)、乳酸桿菌 (*Lactobacillus*)、沙雷氏菌 (*Serratia*) 和嗜菌體 (phage) 等 (El Karkouri *et al*. 2010; Czajkowski *et al*. 2012; Des Essarts *et al*. 2015; Tsuda *et al*. 2016; Garge & Nerurkar 2017; Gerayeli *et al*. 2018; Cui *et al*. 2019; Tsai *et al*. 2019; Lee *et al*. 2021)，其中液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*) 因其具有顯著的生物防治能力及儲藏環境適應力而備受關注 (Romero *et al*. 2007; Ongena & Jacques 2008)。本研究為能篩選具防治細菌軟腐病的微生物，仍先以芽孢桿菌屬細菌作為首要供試菌株來建立篩選與防治測試平台，未來可提供後續其他微生物進行檢測。

芽孢桿菌屬細菌主要的作用機制為競爭營養物質或盤據點、拮抗作用 (抗菌物質如抗生素、iturin、surfactin、fengycin、bacteriocin 等) 以及誘導植物抗病性 (Molina *et al*. 2003; Hsieh *et al*. 2008; Diallo *et al*. 2011)， 如 *B. amyloliquefacien* KC-1 更是被證實屬於內生菌，可顯著降低白菜根際土壤和葉片中的 *Pcc* 數量 (Cui *et al*. 2019)。首先利用平板法來篩選 35 株 *Bacillus* spp.，從中篩選對病原菌 Pcc10602 具拮抗能力的菌株，結果可見不同菌株對 Pcc10602 產生抑制圈的能力有所差異 (圖 1)，分別在 NA 及 TSA 平板上拮抗能力較佳之 5 株菌株中除 LNP-1 屬於 *B. subtilis* 外、AC35、BAC15、HTT-11、HTT-61、HTT-62、NA0301 以及 WP-2 均屬於 *B. amyloliquefaciens* (表 1)，而如是針對另一種軟腐病菌 *Pectobacterium chrysanthemi* (*Pch*) Pch01，前 5 名拮抗菌則有一半屬於 *B. subtilis* (實驗數據未呈現)，其中菌株 HTT-62 均出現於排名前 3，具有同時防治 *Pcc* 及 *Pch* 的潛力。

一般進行防治試驗之前，需先確認一可穩定發病之病原菌接種濃度，根據試驗結果 (圖 2) 顯示接種高濃度 (10^6 及 10^7 CFU mL^{-1}) 病原菌時發病至死亡時間太短，而低濃度 (10^3 及 10^4 CFU mL^{-1}) 處理組之發病時間則至 DAI 9 才開始，後續病害進展太慢且罹病度低，皆不容易進行防治效果的評估，因此挑選發病時間稍慢但罹病度仍可達 100% 的接種濃度 (10^5 CFU mL^{-1}) 進行後續防治試驗。使用離葉接種法 (圖 3) 確實可以區分不同供試 *Bacillus* spp. 之防治效果，實驗時間亦短，可以作為前期大量供試菌株篩選用平台，從中挑選明顯降低罹病度的微生物菌株供後續溫室盆栽試驗使用。其結果顯示 BAC15、HTT-61 及 HTT-62 防治效果較佳，而 AC35、NA0301 及 HTT-11 前期雖然有延緩病勢進展，但仍無法有效防治軟腐病，推測此些菌株在培養基及白菜離葉上有不同的盤踞繁殖及產生抗生物質能力，又或者有其他作用機制影響。根據前述試驗結果並考慮後續防治對象及使用範圍，挑選出拮抗及防治能力均佳的 HTT-62 進行溫室試驗。

最後根據溫室試驗結果 (圖 4) 顯示接種前 1 d 使用 *B. amyloliquefacien* HTT-62 可以延遲白菜軟腐病的發病時間，並且明顯降低其罹病度，未來 HTT-62 將繼續進行田間或採收後防治試驗，以評估 HTT-62 是否有商品化的潛力以及建立未來推廣施用方式，但要注意 HTT-62 於本試驗中未造成白菜產生任何病變 (數據未呈現)，但仍尚未評估長期施用下是否會影響白菜植株生長，且目前已發現有部分芽孢桿菌屬細菌會導致洋蔥、慈菇和馬鈴薯等蔬菜產生軟腐病變 (Hwang *et al*. 2012; Zhong *et al*. 2015; Wang *et al*. 2017)，故 HTT-62 亦應針對白菜以外的作物進行病原性測試，避免田間施用時增加其他病害發生的機率。

引用文獻

Agrios, G. N. 2005. Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press. Burlington, MA. 922 pp.

Bhat, K. A., S. D. Masood, N. A. Bhat, M. A. Bhat, S. M. Razvi, M. R. Mir, S. Akhtar, N. Wani, and M. Habib. 2010. Current status of post harvest soft rot in vegetables: A review. Asian J. Plant Sci. 9:200–208. doi:10.3923/ajps.2010.200.208

Cui, W., P. He, S. Munir, P. He, Y. He, X. Li, L. Yang, B. Wang, Y. Wu, and P. He. 2019. Biocontrol of soft rot of Chinese cabbage using an endophytic bacterial strain. Front. Microbiol. 10:1471. doi:10.3389/fmicb.2019.01471

Czajkowski, R., W. J. de Boer, J. A. van Veen, and J. M. van der Wolf. 2012. Characterization of bacterial isolates from rotting potato tuber tissue showing antagonism to *Dickeya* sp. biovar 3 *in vitro* and *in planta*. Plant Pathol. 61:169–182. doi:10.1111/j.1365-3059.2011.02486.x

Des Essarts, Y. R., J. Cigna, A. Quêtu-Laurent, A. Caron, E. Munier, A. Beury-Cirou, V. Hélias, and D. Faure. 2015. Biocontrol of the potato blackleg and soft rot diseases caused by *Dickeya dianthicola*. Appl. Environ. Microbiol. 82:268–278. doi:10.1128/AEM.02525-15

Diallo, S., A. Crépin, C. Barbey, N. Orange, J. F. Burini, and X. Latour. 2011. Mechanisms and recent advances in biological control mediated through the potato rhizosphere. FEMS Microbiol. Ecol. 75:351–364. doi:10.1111/j.1574-6941.2010.01023.x

El Karkouri, A., F. Z. El Hassani, M. El Mzibri, M. Benlemlih, and M. El Hassouni. 2010. Isolation and identification of an actinomycete strain with a biocontrol effect on the phytopathogenic *Erwinia chrysanthemi* 3937VIII responsible for soft rot disease. Ann. Microbiol. 60:263–268. doi:10.1007/s13213-010-0036-1

Garge, S. S. and A. S. Nerurkar. 2017. Evaluation of quorum quenching *Bacillus* spp. for their biocontrol traits against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* causing soft rot. Biocatal. Agri. Biotechnol. 9:48–57. doi:10.1016/j.bcab.2016.11.004

Gerayeli, N., S. Baghaee-Ravari, and S. Tarighi. 2018. Evaluation of the antagonistic potential of *Bacillus* strains against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and their role in the induction of resistance to potato soft rot infection. Eur. J. Plant Pathol. 150:1049–1063. doi:10.1007/s10658-017-1344-0

Hsieh, F. C. 2014. Development and application of microbial agents used in plant protection. Sustain. Agric. 35:31–38. (in Chinese)

Hsieh, F. C., T. C. Lin, M. Meng, and S. S. Kao. 2008. Comparing methods for identifying *Bacillus* strains capable of producing the antifungal lipopeptide iturin A. Curr. Microbiol. 56:1–5. doi:10.1007/s00284-007-9003-x

Hwang, S. K., C. G. Back, N. K. K. Win, M. K. Kim, H. D. Kim, I. K. Kang, S. C. Lee, and H. Y. Jung. 2012. Occurrence of bacterial rot of onion caused by *Bacillus amyloliquefaciens* in Korea. J. Gen. Plant Pathol.

78:227–232. doi:10.1007/s10327-012-0376-8

Lee, S., N. T. Vu, E. J. Oh, A. Rahimi-Midani, T. N. Thi, Y. R. Song, I. S. Hwang, T. J. Choi, and C. S. Oh. 2021. Biocontrol of soft rot caused by *Pectobacterium odoriferum* with bacteriophage phiPccP-1 in Kimchi cabbage. Microorganisms 9:779. doi:10.3390/microorganisms9040779.

Molina, L., F. Constantinescu, L. Michel, C. Reimmann, B. Duffy, and G. Défago. 2003. Degradation of pathogen quorum-sensing molecules by soil bacteria: A preventive and curative biological control mechanism. FEMS Microbiol. Ecol. 45:71–81. doi:10.1016/S0168-6496(03)00125-9

Ongena, M. and P. Jacques. 2008. *Bacillus* lipopeptides: Versatile weapons for plant disease biocontrol. Trends Microbiol. 16:115–125. doi:10.1016/j.tim.2007.12.009

Romero, D., A. de Vicente, R. H. Rakotoaly, S. E. Dufour, J. W. Veening, E. Arrebola, F. M. Cazorla, O. P. Kuipers, M. Paquot, and A. Pérez-García. 2007. The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. Mol. Plant Microbe Interact. 20:430–440. doi:10.1094/MPMI-20-4-0430

Tsai, W. A., P. J. Chiu, and Y. S. Shih. 2019. Screen of antagonistic bacteria *Bacillus* spp. on control of bacterial soft rot disease caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*. Bull. Hualien DARES 38:105–121. (in Chinese with English abstract)

Tsuda, K., G. Tsuji, M. Higashiyama, H. Ogiyama, K. Umemura, M. Mitomi, Y. Kubo, and Y. Kosaka. 2016. Biological control of bacterial soft rot in Chinese cabbage by *Lactobacillus plantarum* strain BY under field conditions. Biol. Control 100:63–69. doi:10.1016/j.biocontrol.2016.05.010

Umunna, O. E. and A. A. Austin. 2016. An overview of characterization and identification of soft rot bacterium *Erwinia* in some vegetable crop. Greener J. Biol. Sci. 6:46–55. doi:10.15580/GJBS.2016.3.041916078

Wang, L., X. B. Li, H. C. Suo, K. An, H. M. Luo, and X. J. Liu. 2017. Soft rot of potatoes caused by *Bacillus amyloliquefaciens* in Guangdong province, China. Can. J. Plant Pathol. 39:533–539. doi:10.1080/07060661.2017.1381994

Zhong, L., N. Harijati, Y. Ding, Z. Z. Bao, W. D. Ke, and Z. L. Hu. 2015. First report of black rot of *Sagittaria sagittifolia* caused by *Bacillus amyloliquefaciens* in China. Plant Dis. 99:1270. doi:10.1094/PDIS-02-15-0148-PDN

Screening and Evaluation of the Potential Bacterial Antagonists for Controlling the Bacterial Soft Rot of Chinese Cabbage

Chun-Wei Chen[1,*], Yu-Yao Fu[2], Chia-Hsin Tsai[3], and Tsung-Chun Lin[3]

Abstract

Chen, C. W., Y. Y. Fu, C. H. Tsai, and T. C. Lin. 2023. Screening and evaluation of the potential bacterial antagonists for controlling the bacterial soft rot of Chinese cabbage. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):1–11.

The bacterial soft rot caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*) is one of the destructive diseases of Chinese cabbage in Taiwan. The purpose of this study was to screen and evaluate the potential antagonists for control of this disease. The six *Bacillus* spp. isolates, AC35, BAC15, NA0301, HTT-11, HTT-61, and HTT-62, showed superior antagonistic ability against *Pcc* strain Pcc10602. Thus, the effect on controlling this disease was evaluated on leaf tissue of Chinese cabbage by using puncture and spray method. The results showed that the disease severity of Pcc10602 inoculated-only were 100% at the 5th day after inoculation (DAI 5) by using two different methods. In addition, *Bacillus amyloliquefaciens* isolates BAC15, HTT-61, and HTT-62 significantly reduced the disease severity to 52.4%, 57.1%, and 57.1% at DAI 5 by using puncture method, respectively. In the greenhouse test, the *B. amyloliquefaciens* HTT-62 was applied to Chinese cabbage with using different methods (cotton-cover method and spray method). After 1 day, Pcc10602 was subsequently applied by the same method. The results revealed that the disease severity of the control treatment was 97.9% and 74.5% at DAI 12 by two different methods, respectively, while the disease severity of the treatment with HTT-62 was only 47.5% and 30.2%, respectively. Therefore, it is speculated that *B. amyloliquefaciens* HTT-62 can delay the occurrence of soft rot and reduce disease severity on cabbage in any way one day before inoculation. This study revealed that *B. amyloliquefaciens* HTT-62 is a potential antagonist to control the bacterial soft rot of Chinese cabbage.

Key words: Chinese cabbage, Bacterial soft rot, Biocontrol, *Bacillus*.

Received: June 30, 2022; Accepted: September 6, 2022.
[*] Corresponding author, e-mail: chunwei@tari.gov.tw
[1] Contract Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[2] Project Assistant, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[3] Assistant Research Fellows, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):13–24 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0002 研究報告

行政院農業委員會電子文獻資源體系之績效評估研究

陳烈夫[1,*] 呂秀英[2] 李如萍[3]

摘要

陳烈夫、呂秀英、李如萍。2023。行政院農業委員會電子文獻資源體系之績效評估研究。台灣農業研究 72(1):13–24。

本研究透過行政院農業委員會所屬 16 個試驗研究場所 2020–2021 年間利用 16 種電子文獻資料庫的情形，包括全文下載量、引文量、訂購成本等數據，結合下載與引文分析，探明研究人員利用各種類型文獻的行為和規律，來評估所採購的文獻資源是否切合研究所需，並計算成本效益以檢視經費是否有合理利用。分析結果顯示，各電子文獻資料庫單篇下載與單次引用的平均成本之差異甚大。研究人員偏向優先檢索下載中文期刊，因中文文獻資料庫的價格低廉，顯現其使用成本效益較高；而英文期刊是研究人員發展農業科技研究時最主要引用參考的文獻資源，發表於 Science Citation Index (SCI) 及非 SCI 期刊之研究報告的英文引用文獻各高達 91.4% 及 74.1%，但由於外文專業性文獻資料庫的價格通常昂貴，若以下載引用的成本效益來看，使用績效較難彰顯。發表報告中的引文以期刊類文獻是首要資訊來源，比例高達 77.5%。根據引文時效性分析，近 20 年文獻可保證近 80% 的引文量，是文獻資訊中的重點部分。研究人員使用資料庫的全文下載量與引用量不具有相關性，涵蓋農業重要議題的期刊種類愈多、學科專業性高、英文期刊為主的資料庫，下載的期刊文獻較會被真正引用參考。圖書館應綜合考慮各項因素建立館藏，避免以使用率高低作為刪訂之唯一標準。本研究所建立的各項數據比對流程及多元績效評估指標，可作為日後選購館藏電子文獻資源之重要評估依據。

關鍵詞：電子文獻資料庫、引文分析、全文下載量、績效評估指標、成本效益。

前言

建構圖書館資訊資源就是透過對資訊資源的蒐集、儲存、管理及共享，提供可利用的資訊資源體系。隨著資源種類與數量迅速膨脹，新的刊物徵訂、供貨管道與方式不斷湧現，研究人員所需文獻的內容與載體也在不斷調整，傳統的館藏建構已無法滿足使用者的需求。現今處於資訊爆炸的年代，為滿足研究人員對各類資訊的需求，各圖書館更積極引入國內外多種線上資料庫檢索系統、電子書及光碟資料庫，期冀充分供應研究人員所需要的資訊 (Yeh 2017)。因此，圖書館館藏實質存在著紙本資源與電子資源並存的局面，而網際網路也促使實體圖書館 (physical library) 發展出虛擬圖書館 (virtual library)，典藏資料也由紙本資料漸進式的走向電子資料 (Xiong *et al*. 2020; Li 2021; Li & Lin 2021)，資訊型態不同與大量資訊累積，所造成取用方式亦有所不同，而有效滿足使用者的資訊需求卻別無二致 (Chiu & Siao 2020)。

發展資訊資源的數量增長與價格升高、使用者對資源的需求，以及圖書館有限經費支持，是圖書館面臨的 3 大難題。行政院農業委員會 (以下簡稱農委會) 所屬共 16 個試驗改良場所從事農業科技各項研究，都各有其專業圖書館，同樣也面臨文獻購置經費的增長總是趕不上文獻價格上漲的幅度。因此，除了導入圖

投稿日期：2022 年 8 月 8 日；接受日期：2022 年 10 月 5 日。
[*] 通訊作者：leevchan@gmail.com
[1] 農委會農業試驗所技術服務組前副研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會苗栗區農業改良場場長。台灣 苗栗縣。
[3] 農委會農業試驗所技術服務組技工。台灣 台中市。

書館之間資訊資源共享的作為外，將館藏發展方針從以藏書為主的「兼收並蓄」轉變成以用為主的「藏以致用」勢在必行，亦即圖書館欲提供更好服務，滿足研究發展需要，便不再追求館藏資料數量的多寡，而是合理利用有限經費，購買利用率高的文獻資訊資源，完善館藏結構，以提高文獻使用的效益，促使資源發揮最大作用。

過去農業試驗所的電子與紙本資源經費來源，一部分來自於科研計畫編列並由該所各單位分攤，另一部分為執行 E 化科研計畫預算，圖書資源購置費用每年平均維持在 799–939 萬元之間，且有呈逐年上升的趨勢。至於其他單位尤其各改良場，卻是因採購經費拮据而難以自訂電子文獻資料庫且能購置的紙本資源也相當有限。有鑑於此，在農業試驗所技術服務組前組長呂秀英博士努力推動電子期刊共購下，獲當時農委會資訊中心前主任林貞博士的大力支持，於 2011 年編列「國際農業數位知識交流網絡平台」建置計畫，取得訂購之電子期刊授權給農委會 16 個試驗改良場所共同使用，並在有系統與有組織的架構下建立電子資料庫申請與使用作業流程，設計完成單一入口平台，讓研究人員能快速且便利地取得國際農業研究知識與成果，以達到資源整合、有效管理數位資源的目標。此共購的電子文獻資源投入，是否切合研究所需並在有限經費下被合理利用，一直以來是經費支持者 (農委會)、電子資料庫管理者 (農業試驗所) 以及各試驗改良場專業圖書館非常關注的議題，因此有必要針對該電子資源的使用效益與績效產出，建立有效的評估指標，進行分析與檢討，藉此調整館藏結構，以提高服務效益。

文獻需求既主要來自於研究人員，這些需求決定著館藏結構和館藏建構方向，推動著文獻資源建構的發展。農業試驗所圖書館過去礙於人力，多以瀏覽次數、全文下載量等數據來評估館藏文獻資源的重要性與價值，然而文獻下載來源分散且多元，使用者可以從紙本、出版社網站、匯集資料庫或 Google Scholar 等多重管道的網路搜尋引擎免費搜尋取得期刊全文；又若純以出版社所提供的使用統計，實無法完全代表使用者的需求，且下載全文並不表示使用者實際使用，高使用率期刊並不一定保證期刊的品質優良，也不能證明是否符合研究人員真正需要，反之，低使用率也未必代表期刊不重要。綜言之，任何以單一指標評估期刊的重要性都有其盲點，例如某一領域學者的資訊需求，並不能完全代表特定機構研究人員之資訊需求，因此尚不能以單一指標作為機構期刊館藏之採購決策指標。引用或參考文獻是學術論文的重要組成部分，是作者認為對自己的研究「有用」的資料。引文分析 (citation analysis) 是針對科學期刊、論文、作者等分析物件的引用和被引用現象進行分析，以揭示其數量特徵和內在規律的一種資訊計量研究方法，是一項具科學化、客觀化的分析方法，為目前廣受國外採用的評估工具之一，可基本反映出使用者利用資訊的需求特點，對圖書館館藏建構更具有直接的效益意義 (Župič & Čater 2015; Chu *et al*. 2022; Luo *et al*. 2022)。Salisbury & Smith (2010) 蒐集 2004–2006 年阿肯色大學 (University of Arkansas) 發表並收錄在 Web of Science 的 Science、Technology、Engineering、Mathematics (STEM) 領域的發表報告與引用文獻，分析該校研究人員對套裝期刊 (如 Elsevier、Wiley、IEEE 等大型出版社) 之倚賴程度，藉以作為圖書館抉擇期刊套裝或單訂之參考依據。Gao (2016) 分析休士頓大學 (University of Houston) 傳播學院 2006–2014 年的發表報告與引用文獻，以探討期刊引文次數、期刊影響係數 (journal impact factor) 及下載次數三者間的相關性，以利館藏發展方向之決策。White (2019) 進行科羅拉多大學波德分校 (University of Colorado Boulder) 教職員之發表報告的引文分析，以評估各學科館藏發展的全面性，及協助館員擬定採購的優先順序，藉此更清楚知道使用者研究的需求與館藏發展之間的差距。從這些應用研究得知，相對於期刊影響係數與使用統計，引文分析可更全面瞭解機構內研究人員的資訊使用行為，三者結合可提供不同面向來評估圖書館館藏文獻資源，藉此建立具有成本效益和高使用率的期刊清單。對圖書館而言，引文分析能探明資料使用的線索，協助圖書館館員發展館藏與服務策略，以滿足使用者的資訊需求 (Xiang &

Qin 2020)。而對機構來說，透過研究人員發表報告之引用參考分析，可作為期刊使用績效的重要指標，藉此瞭解研究人員如何有效使用機構訂閱的期刊 (Ramamoorthi & Jeyshankar 2016)。Monroe-Gulick *et al*. (2014) 亦認為引文分析能提供量化數據，證明大學圖書館的期刊館藏對機構的教職員有其價值與重要性，並以被 Science Citation Index (SCI) 收錄之文章和引文，比對該校核心期刊與期刊館藏，評估核心期刊與期刊館藏對學術研究支援的程度，研究發現該校核心期刊使用率與支援研究程度皆高於非核心期刊館藏，顯示現階段核心館藏發展策略符合使用者需求，藉此突顯該校圖書館在外文核心期刊的努力成果與效益。

有鑑於電子文獻資料庫價格通常昂貴，訂購前需審慎評估，以確保購入後滿足研究人員所需。本研究為了蒐集更多面向的資訊來評估農委會所訂購電子文獻資料庫是否被其所屬試驗改良場所研究人員有效利用，並協助農業試驗所管理單位進行資料庫評估以作為續訂與停訂之參考，彙整 2020–2021 年間農委會所屬 16 個試驗改良場所利用電子文獻資源的情形，包括全文下載量、引文量、訂購成本等數據，結合「使用統計及引文分析」方法，探究研究人員實際的下載、發表及引用脈絡，來檢視所採購的電子資源是否切合研究所需，並計算成本效益以檢視經費是否合理利用，作為日後選購電子資源之重要評估依據，同時分析館藏與研究需求間的差異與不足處，以利預測、決策及調整館藏發展方向。此外，本研究期望能藉由本次實作經驗，建立引文分析之逐步比對流程與相關對照表，以作日後週期性的分析與檢討，並列入館藏評估之參考，使圖書館館藏更能充分發揮其價值。

材料與方法

分析資料來源

農委會採購之圖書館電子文獻資源資料庫計有 16 種：Annual Reviews、BioOne Complete、CAB Abstracts、CAB Reviews、CABI Descriptions of Fungi and Bacteria、CABI Horticulture Compendium、華藝 CEPS 中文期刊資料庫暨平台服務 (簡稱華藝 CEPS)、Crop Protection Compendium、EBSCO、ScienceDirect、SpringerLink、Taylor & Francis、Wanfang (萬方) 期刊全文數據庫 (簡稱萬方)、WOS Science Citation Index、21 Single Issue Journals (21 種單刊期刊) 及 World Magazine Group Knowledge Base (天下雜誌群知識庫) 之全文或索摘型等資料庫。各資料庫的使用情形，一般可透過 2 種方式提供：(1) 由資料庫廠商提供管理員帳號，讓管理員自行到指定的網站查詢；(2) 由資料庫廠商定期向使用者發送使用統計報告，所有電子資源的統計報告均遵循國際統一的 Counting Online Usage of NeTworked Electronic Resources (COUNTER，目前最新為第 5 版) 實施規範。上述資料庫主要提供給農委會所屬 16 個試驗改良場 (農業試驗所、林業試驗所、水產試驗所、畜產試驗所、家畜衛生試驗所、農業藥物毒物試驗所、特有生物研究保育中心，以及桃園、苗栗、台中、台南、高雄、花蓮、台東之各區農業改良場和茶業改良場、種苗改良繁殖場) 的研究人員利用。本研究主要透過資料庫廠商提供的 COUNTER 5 使用量報告及本網絡平台登錄數據，不足處再透過圖書管理員到指定網站查詢，以統計農委會各試驗改良場所在 2020–2021 年間使用資料庫的情形，最後再彙整並使用 Microsoft Excel 進行以下各項分析。

分析項目

資料庫下載分析

全文下載量是衡量資料庫使用率的一個有效指標。因此，本研究建立資料庫下載分析的流程與方法：(1) 首先統計 2020–2021 年間農委會所屬 16 個試驗改良場所研究人員利用資料庫進行全文下載的次數及所占比例；(2) 再根據各資料庫的當年實際支付購置成本，計算出各資料庫單篇全文下載成本；(3) 進而藉由全文下載比例與成本比例間的關係，以探討資料庫下載之效益表現。

引用參考分析

引文量除了衡量作者對已有成果及文獻資

訊的吸收容量及能力外，資料庫文章被引用和標註情形也可作為其績效評估的一個重要參考指標，並可藉此供作圖書館藏資源結構調整、選刊種類之參考。因此，本研究建立資料庫引用參考分析的流程與方法：(1) 透過各單位之年報及圖書館上線查閱，整理出 2020–2021 年間農委會 16 個試驗場所研究人員所有的發表報告，並查閱每篇報告中所有引用文獻的出刊來源及年分；(2) 進行引用文獻的數量、語種、出版類型、年分分布之統計分析，以探討研究人員的引用脈絡；(3) 然後將這些引用文獻比對到各電子文獻資料庫，檢索其是否被資料庫所收錄，以推算出各資料庫收錄引用文獻的次數及所占比例；(4) 最後根據資料庫購置成本，計算出單次引用成本。

下載引用比較

文獻的全文下載與參考引用是使用者對資料庫使用的兩種不同行為，有下載卻未必會被使用者真正使用，因此資料庫的全文下載量與引用文獻量之間的比較，也是文獻資料庫使用績效評估的重要參考指標之一。因此，本研究利用上述每個資料庫的全文下載量與引用文獻量之數據，計算兩者間的比例，以探究使用者對各資料庫利用行為的相關性和差異性。

結果與討論

資料庫下載分析

本研究統計農委會所屬各試驗改良場所 2020–2021 年各電子文獻資料庫的全文下載量，以評估各資料庫的使用情形。16 種資料庫共兩年全文下載總量 194,678 篇，發現以萬方占總下載量最高 (21.2%)，其次為 ScienceDirect (17.6%)、華藝 CEPS (15.4%) 及天下雜誌群知識庫 (11.8%)，而其他 12 種文獻資料庫的全文下載比例皆低於 10%，甚至其中 5 種資料庫更不到 1% (表 1)。上述下載量最高的前 4 種文獻資料庫共占總量之 66%，其中萬方、華藝 CEPS 及天下雜誌群知識庫為中文期刊資料庫共占總下載量 48.4%，顯示國內農業研究人員偏向優先檢索下載中文文獻。

各電子文獻資料庫 2020–2021 兩年訂購費用共 1,837.5 萬元，其中以 ScienceDirect 成本占比最高 (21.5%)，其次為 SpringerLink、21 種單刊期刊、EBSCO 及華藝 CEPS 的成本占

表 1. 16 種電子文獻資料庫 2021–2022 年全文下載量與成本分析。

Table 1. The analysis of full text downloads and cost for 16 electronic literature databases in 2021–2022.

No.	Journal database	Full text downloads (%)	Cost (%)	Single download cost (NT$)
1	Annual Reviews	0.3	1.6	431
2	BioOne Complete	1.0	4.2	395
3	CAB Abstracts	2.1	5.9	268
4	CAB Reviews	0.1	0.5	602
5	CABI Descriptions of Fungi and Bacteria	0.2	0.4	170
6	CABI Horticulture Compendium	0.4	0.9	229
7	CEPS	15.4	10.1	62
8	Crop Protection Compendium	0.8	2.6	292
9	EBSCO	8.1	11.1	130
10	ScienceDirect	17.6	21.5	116
11	SpringerLink	7.1	12.3	163
12	Taylor & Francis	7.1	4.8	64
13	Wanfang Data	21.2	4.1	18
14	WOS Science Citation Index	2.4	7.0	268
15	21 Single Issue Journals	4.3	12.0	265
16	World Magazine Group Knowledge Base	11.8	0.9	7

比介於 10–13% 之間，這 5 種資料庫購置成本即占總費用的 67%，除華藝 CEPS 外皆是英文期刊；上述全文下載量最高的萬方全文期刊資料庫之成本占比為 4.1%，而天下雜誌群知識庫之成本僅 0.9% (表 1)。單篇下載成本反映的是每下載一篇文獻的成本投入，是評估資料庫使用成本的直接指標。進而計算各電子文獻資料庫的單篇下載平均成本在 7–602 元之間，各資料庫的下載利用成本差異甚大。

文獻資料庫的全文下載績效是目前最常用的資料庫使用效益評估指標，訂購成本愈低而全文下載量愈高，表示資料庫的使用效益愈高。由圖 1 及表 1 所示，以萬方的使用效益最高，其次為華藝 CEPS、天下雜誌群知識庫，這3種資料庫的單篇下載成本皆在100元以內；ScienceDirect 全文下載量雖高但訂購價格也偏高，單篇下載成本 116 元；SpringerLink、21 種單刊期刊、EBSCO 皆屬使用效益居中的資料庫；其他資料庫的購置成本占比雖低，但因全文下載量亦偏低，導致單篇下載成本也變高，尤其是 CAB Reviews 的單篇下載平均成本高達 602 元。

引用參考分析

本研究利用農委會所屬共 16 個試驗改良場所 2020–2021 年所有發表研究報告中的引文資料，藉此檢視所購置電子文獻資料庫是否符合研究人員所需。由表 2 統計資料顯示，兩年總計發表 937 篇研究報告，以外文期刊發文量占總發文量的 48.5%，且皆發表於 SCI 期刊，而中文期刊發文量占總發文量的 51.5%，皆發表於非 SCI 期刊，意味著研究人員若以英文對外投稿，通常都是為了發表於 SCI 期刊，否則還是會以最熟悉的語文來撰寫研究報告，同時也藉此加速國內研究成果在本土之擴散應用。這 937 篇研究報告中的引用文獻高達 34,862 篇，平均每篇期刊引文量為 37 篇，若參照一般論文參考文獻著錄原則 (ISO 2021)：「一般要求期刊論著 8–12 篇，最多不超過 20 篇，綜述類論文不超過 25 篇，以 10–20 篇為宜」，顯然國內農業研究人員發表報告的引文量平均稍為高出，尤其以英文期刊引文量較多。由表 2 可看出，發表於 SCI 與非 SCI 期刊的報告中所引用的文獻各占總引文量的 61.1% 與 38.9%，尤其英文期刊是研究人員發展農業科技研究時最主要引用參考的文獻資源，發表於 SCI 與非 SCI 期刊之研究報告的英文引用文獻各高達 91.4% 及 74.1%，加總 SCI 與非 SCI 期刊的英文引文量共占 84.6%，中文引文量合計占 10.8%，而日文及其他外文引文量合計僅占

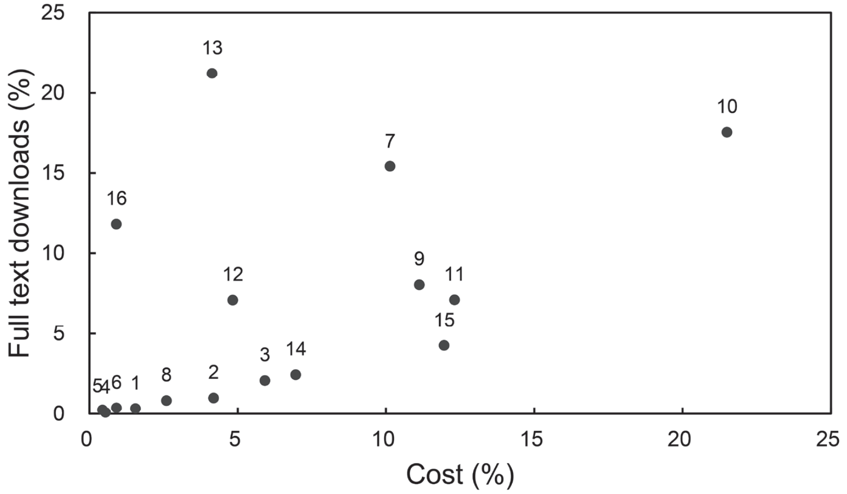

圖 1. 16 種電子文獻資料庫全文下載之效益表現。圖中資料庫編號之名稱示如表 1。

Fig. 1. The performance of full text downloads for 16 electronic literature databases. See Table 1 for database name of label no.

表 2. 農委會所屬試驗改良場所 2021–2022 年發表報告與引用文獻之統計分析。

Table 2. Statistics of reports published and citations for Council of Agriculture's (COA) research units in 2021–2022.

Published journal	Language	Reports published No.	Reports published %	Citations No.	Citations %
SCI[z]	English	452	100.0	19,457	91.4
	Chinese	-	-	868	4.1
	Japanese	-	-	318	1.5
	Other	-	-	652	3.1
	Subtotal	452	48.5	21,295	61.1
Non-SCI	English	-	-	10,047	74.1
	Chinese	485	100.0	2,898	21.4
	Japanese	-	-	325	2.4
	Other	-	-	297	2.2
	Subtotal	485	51.5	13,567	38.9
Total		937		34,862	

[z]SCI: Science Citation Index.

4.6% 左右，顯示出研究人員更認同英文文獻品質，且吸收和利用國外英文文獻的能力很強。

探究引文不同出版類型的分布狀況，可瞭解文獻來源及其構成比例，從而確定各類型文獻載體的情報價值、利用情況及研究人員的需求，據以提供今後合理調整館藏結構。由圖 2 發現，農委會所屬試驗改良場所 2020–2021 兩年間發表報告中的引文以期刊類文獻是首要的資訊來源，比例高達 77.5%，其次是專刊 (研討會論文集) 占 10.4%、圖書占 6.4%、學位論文占 2.9%，其餘引文來自於網站、手冊、年報、專利等之占比皆在 1% 左右或更少。顯然，研究人員在論文撰寫的形成過程中，因為期刊所載多半為論文性質及原始研究的第一手資料，且為連續出版物，其內容具有較為深入、新穎、完整、正確、資料訊息量大、科學特性突出、出版週期短傳遞速度快等特點，可反映出相應學科的最新成果，是研究人員得到新資訊的重要管道，占據研究人員引文中的主導地位。而專刊、圖書及學位論文由於具有理論系統性強、內容較為完整、觀點成熟、基礎性的科學知識的總結、應用時間長、便於查閱等特點，故其被利用也維持相對固定比例，是科學研究中的重要參考文獻之一。至於其他利用率較低之如網站、年報、手冊、專利等，不代表這部分內容利用價值低，造成這種情形的主要原因，一方面是圖書館資訊資源交流不夠理想，另方面是對已有文獻的深層次開發與整理不夠，因此如何將有價值、龐雜的網路資源根據研究人員需求予以充分地開發利用，以更方便研究人員使用，是圖書館值得研究的課題。

引文的時效性問題關係著科技研發成果的品質與水準，可有效反映出文獻對當前研究動態的掌握情況。從圖 3 看出，農委會所屬試驗改良場所 2020–2021 年這兩年間引文量，以發表年的前 10 年引文最多 (占 48.9%)，前 11–20 年引文次之 (占 26.3%)，然後是前 21–30 年引文 (占 10.1%)，2020–2021 當年和前 31–40 年的引文量分別為 4.4% 及 4.9%，隨著年代久遠，引文量遞減；累計前 20 年內引文量占比達 79.6%，而前 50 年內引文量占比達 96.7%、前百年內引文量占比達 99.1%，仍有極少數引文是超過年分前百年者，如最早的引文來源為 1638 年 *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nouvo scienze* 期刊。由此顯示，近幾年或近 10 年的參考文獻是不可能涵蓋論文的全部資訊，一些年分較久遠的文獻，仍需要納入資訊體系之中；而引文量的高峰在文獻發表後的 20 年間，若考慮到以最大比例文獻投入最少經費的法則，近 20 年文獻基本上可

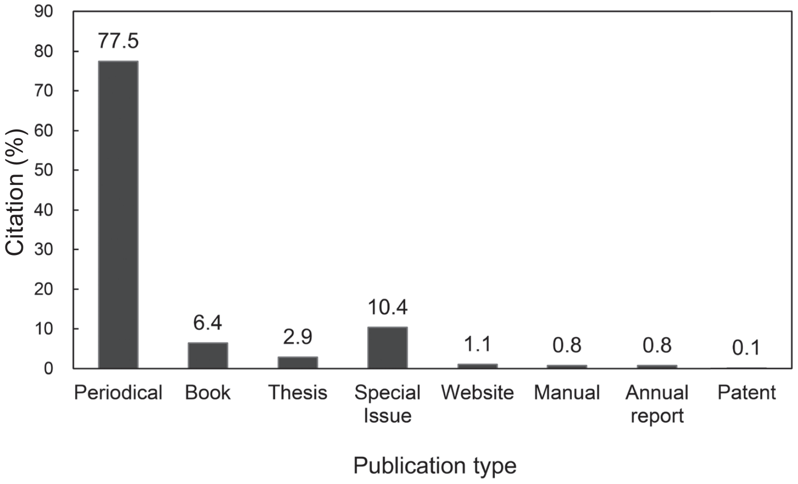

圖 2. 農委會所屬試驗改良場所發表報告之引用文獻出版類型分析。
Fig. 2. Analysis of publication type for citations in reports published of Council of Agriculture's (COA) research units.

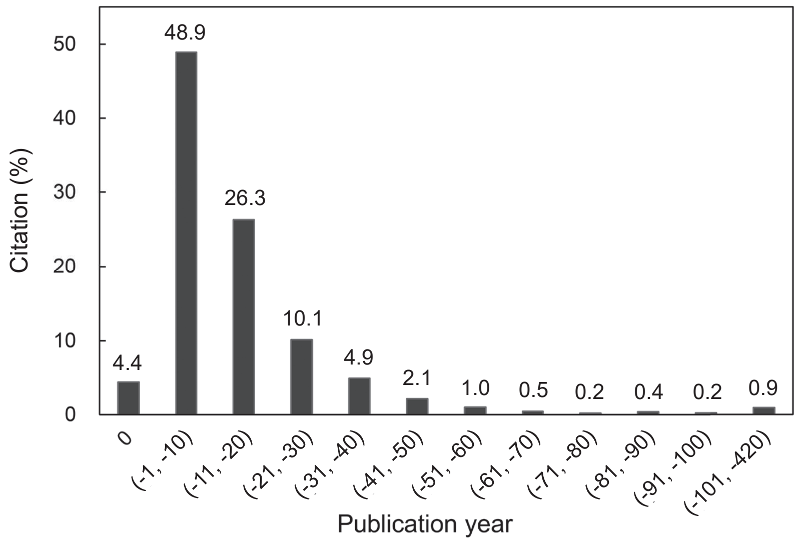

圖 3. 農委會所屬試驗改良場所發表報告之引用文獻年分分析。
Fig. 3. Analysis of publication year for citations in reports published of Council of Agriculture's (COA) research units.

保證近 80% 的引文量，是文獻資訊中的重點部分。因此，圖書館若限於儲架空間，可集中保存紙本文獻 20 年並行開架閱覽，應可滿足研究人員需求，超過 20 年的過期紙本文獻可放入書庫。若將各引文年代再區分語種，則發現英文和中文之引文年代的分布趨勢一致，惟近 20 年內引用英文文獻多於中文文獻 (英、中文期刊引文所占比例各為 63.4%、36.4%，此資料未列入圖表)，顯然研究人員對於英文期刊的需求量較多，因此建議圖書館對於英文紙本期刊的剔舊工作須持慎重態度，當注意要有連續且系統性的保存方式。

引用文獻被資料庫收錄的次數也可作為資料庫使用效益的評估指標，訂購成本愈低而引用次數愈高，表示資料庫的使用效益愈高。由表 3 所示，非 SCI 中文引用文獻以萬方

表 3. 農委會所屬試驗改良場所 2020–2021 年發表報告之引用文獻被 16 種電子文獻資料庫收錄的次數分布與成本分析。

Table 3. The frequency distribution and cost analysis of citations from 16 electronic literature databases for published reports of Council of Agriculture's (COA) research units in 2020–2021.

		Citations (%)				
No.	Journal database	Non-SCI[y] (Chinese)	Non-SCI (English)	SCI	Total	Single citation cost (NT$)
1	Annual Reviews	3.6	1.3	0.6	0.8	183
2	BioOne Complete	0.2	10.9	12.9	12.2	34
3–6	CAB series[z]	5.0	13.7	13.8	13.6	56
7	CEPS	32.8	5.0	5.8	6.1	163
8	Crop Protection Compendium	8.7	3.3	1.4	2.0	124
9	EBSCO	10.3	13.6	13.2	13.2	82
10	ScienceDirect	0.1	9.6	11.9	11.1	190
11	SpringerLink	3.8	13.7	13.8	13.6	89
12	Taylor & Francis	0.3	5.0	1.8	2.6	181
13	Wanfang Data	34.7	9.0	10.6	10.6	38
14	WOS Science Citation Index	0.1	11.9	13.3	12.7	54
15	21 Single Issue Journals	0.2	3.0	1.1	1.6	748
16	World Magazine Group Knowledge Base	0.1	0.0	0.0	0.0	83,500

[z]3–6 CAB series including CAB Abstracts, CAB Reviews, CABI Descriptions of Fungi and Bacteria, and CABI Horticulture Compendium.
[y]SCI: Science Citation Index.

的收錄次數最高 (34.7%)、其次為華藝 CEPS (32.8%)；非 SCI 英文引用文獻以 BioOne Complete、CAB 系列 4 種資料庫 (經引文檢索無法區分 CAB Abstracts、CAB Reviews、CABI Descriptions of Fungi and Bacteria、CABI Horticulture Compendium，故此處以 CAB 系列登記總收錄次數)、EBSCO、SpringerLink、WOS Science Citation Index 的引用量較多，引用比例在 10–14% 間；不論 SCI 引用量或所有期刊引用總量，皆以上述 8 種和 ScienceDirect、萬方這 10 種資料庫收錄的次數較多，引用比例皆在 10–14% 間；天下雜誌群知識庫，僅有中文引用量 2 次，引用比例幾乎為 0。由各資料庫的單次引用成本來看 (表 3)，上述除 ScienceDirect 以外引用量最高之 9 種資料庫的使用效益最高，成本皆在 100 元以內；Annual Reviews、華藝 CEPS、Crop Protection Compendium、ScienceDirect、Taylor & Francis 這 5 種資料庫的單次引用成本在 120–190 元間；21 種單刊期刊的單次引用成本高達 748 元，此係該資料庫所收錄的期刊偏於特定議題且期刊種類較少，引用比例僅 1.6%，相對於較高的訂購價格，使用效益無法彰顯；至於天下雜誌群知識庫屬於一般性知識，購置成本相對其他資料庫低廉，但因農業專業性內容較少，被研究人員引用比例幾乎為 0 (僅引用 2 次)，導致單次引用成本偏高甚多，因此不將其納入單次引用成本之效益評估比較。

下載引用比較

全文下載與參考引用是使用者對資料庫使用的兩種不同行為，為探究使用者對各資料庫利用行為的相關性和差異性，本研究進行上述 15 種資料庫 (不含引用比例幾乎為 0 的天下雜誌群知識庫) 的下載引用比較，結果如圖 4 所示。BioOne Complete 資料庫的引用量是全文下載量的 11.7 倍，是所有資料庫下載引用倍數最高，表示研究人員每下載 1 篇 BioOne Complete 期刊論文會引用參考 11.7 次，該資料庫涵蓋至少 200 種生物、生態及環境科學

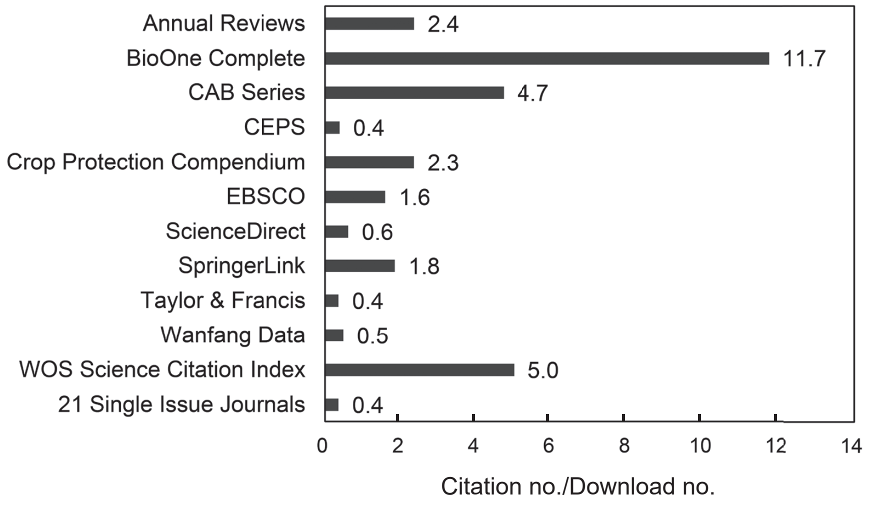

圖 4. 15 種電子文獻資料庫之下載引用比例。資料庫不含 World Magazine Group Knowledge Base。

Fig. 4. The ratio comparison of downloads to citations for 15 electronic literature databases. Excluding World Magazine Group Knowledge Base.

期刊，下載量相對於其他資料庫較低 (占比 1.0%，排名第 11，如表 1)，但下載文獻會被研究人員真正引用的排名第一。其次為 WOS Science Citation Index 的引用量是全文下載量 5 倍，雖下載量相對於其他資料庫也不是居高 (占比 2.4%，排名第 9，如表 1)，但由於其收錄 8,600 多種自然科學 SCI 期刊，專業性深受認同，故引用參考性強，每下載 1 篇 WOS Science Citation Index 期刊論文會被引用參考 5 次。CABI 系列 4 種資料庫收錄了 60 萬種以上涉及農業生產、永續經營、氣候變遷、生物多樣性、食品營養與安全等重要議題的期刊，其引用量是全文下載量 4.7 倍，排名第三。Annual Reviews、Crop Protection Compendium、EBSCO、SpringerLink 之 4 種資料庫的引用量約為全文下載量 2 倍左右。華藝 CEPS、ScienceDirect、Taylor & Francis、 萬方、21 種單刊期刊這 5 種資料庫的引用量與全文下載量之倍數都在 1 以下，其中收錄中文期刊最大宗的萬方和華藝 CEPS 的下載量高居前第 1、3 名 (占比各 21.2% 及 15.4%，如表 1)，是研究人員最多下載的中文期刊資料庫，但仍然很多下載的期刊文獻並沒有被研究人員引用參考，每下載 1 篇僅引用各 0.5 及 0.4 次；ScienceDirect 是提供物理工程、生命科學、健康科學、社會科學等以英文期刊為主的綜合性資料庫，下載量高居前第 2 名 (占比 17.6%，如表 1)，但每下載 1 篇僅被引用約 0.6 次。

綜整以上分析結果，全文下載量與引用量未必具有相關性，國內農業研究人員下載文獻會真正引用參考，基本上符合以下 3 個規律：(1) 資料庫涵蓋農業重要議題的期刊種類愈多，如 CABI 系列 4 種資料庫，下載引用的機會愈高；(2) 相對於綜合性資料庫如 ScienceDirect 等，學科專業性高的資料庫如 BioOne Complete 及 WOS Science Citation Index 的下載引用比例也高；(3) 引用文獻偏向於以英文期刊資料庫為主。

最後，值得一提的是近年來開放取用 (Open Access; OA) 的期刊論文不斷增多，據全國學術電子資訊資源共享聯盟於官網之焦點觀點專欄所提供資訊，在這兩年新冠病毒疫情不停歇的狀況下，期刊生態市場持續快速變動中，走向 OA 及相關資源的過程顛覆了圖書館工作流程及出版模式，預估 2024 年之前 OA 產出將占據出版品的一半，OA 仍處於發展熱度。檢視目前農委會所採購電子文獻資料庫中有 OA 出版的期刊亦占 10% 以上。另外，農業試驗所圖書館亦參與台灣大學機構典藏，建置農業試驗所學術典藏系統 (TARI Schol-

ars)，至 2022 年 6 月止已蒐集所內研究人員的期刊論文約 11,688 篇供下載利用。基於圖書館預算持續持平或減少下，這些免費共享資源的可獲得率，是否等同於實質替代率，可直接節省電子文獻資料庫採購經費，引起諸多討論。然而現階段不論是購自期刊出版社、資料庫業者或聯盟採購的電子資源，原則上訂購單位是採套裝 (package) 方式，單一期刊的訂購調整空間十分有限。因此，運用全面性或一定客觀性的資料庫績效評估指標，仍有助於研究機構重新評估考量所訂購電子文獻資源的經濟價值與其投資報酬率，值得在規劃或建立電子資源館藏時積極導入。

結論

電子文獻資源使用績效評估是項長期的複雜系統工作，為了使圖書館電子資源達到較好的服務效果，必須建立與實施科學且合理的評估機制，全面提升圖書館電子資源的服務能力與管理水準，始能利用有限資源來實現預期目標。如果一味在資料庫的購買上盲目求多，導致投入無限增長，就會造成使用效益和效率趨於低下，從而造成資金的極大浪費。然而電子文獻資源種類眾多，所包含的內容不完全一樣，讀者使用行為也不盡相同，檢索或下載文獻行為不代表文獻真正被利用，因此很難根據單一指標評價其績效。本研究彙整 2020–2021 年間農委會所屬 16 個試驗改良場所利用電子文獻資源的情形，包括全文下載量、引文量及訂購成本等數據，建立多元績效評估指標及相關分析作業流程，透過資料庫下載分析、引用參考分析及下載引用分析之三大項目，可探明研究人員對各資料庫的利用行為與規律，並有效評估所採購的電子文獻資源是否切合研究所需並在有限經費下被合理利用。綜整各項績效評估分析結果，獲得以下幾個重要發現，可供館藏結構調整與發展之建議：(1) 各資料庫的下載或引用的成本效益差異甚大，研究人員偏向優先檢索下載中文期刊，由於中文全文文獻資料庫的價格低廉，從全文下載或引用次數的成本效益來看，使用效益最高；而英文期刊是研究人員發展科技研究時最主要的參考文獻資源，尤其是 SCI 期刊論文，但由於外文專業性文獻資料庫的價格通常昂貴，若以下載引用的成本效益來看，使用效益較難彰顯；(2) 發表報告中的引文以期刊類文獻是首要資訊來源，比例高達 77.5%；根據引文時效性分析，近 20 年文獻基本上可保證近 80% 的引文量，是文獻資訊中的重點部分，應加強保存；(3) 全文下載與參考引用是使用者對資料庫使用的兩種不同行為，本研究發現國內農業研究人員使用資料庫的全文下載量與引用量不具有相關性，涵蓋農業重要議題的期刊種類愈多、學科專業性高、英文期刊為主的資料庫，下載的文獻較會被真正引用參考。因此，日後電子文獻資源的選購策略調整，建議可以將館藏主題收錄範疇加大對高品質且專業性的中、英文期刊的投入，尤需強化核心期刊的訂購；(4) 針對使用率低之電子期刊或非期刊類資源 (如網站、年報、手冊、專利等)，不代表這部分內容利用價值低，避免以使用率高低作為刪訂之唯一標準，圖書館應綜合考慮各項因素站在支援科研機構研究發展的角色建立館藏，並積極推廣與行銷，以提升利用效益。此外，藉由本次實作經驗，農業試驗所管理單位亦建立了電子文獻資料庫下載引用分析之逐步比對流程與相關對照表，可提供日後週期性的分析與檢討，並列入館藏評估之參考，使圖書館館藏更能充分發揮其價值。

誌謝

本研究承行政院農業委員會資訊中心前任主任林貞博士及蕭柊瓊主任提供科技計畫 (2011–2022 年) 經費支援及審查意見，謹此一併誌謝。

引用文獻

Chiu, T. H. and S. Y. Siao. 2020. Implementation and outcomes of scholarly communication services in Taipei Medical University Library. J. InfoLib Archives 97:174–209. (in Chinese with English abstract) doi:10.6575/JILA.202012_(97).0005

Chu, J., W. Kong, X. Han, and A. Zhou. 2022. Analysis of the development of library and information science in China based on bibliometrics. Intl. J. Soc.

Sci. Edu. Res. 5(1):44–48. doi:10.6918/IJOSSER.202201_5(1).0006

Gao, W. 2016. Beyond journal impact and usage statistics: Using citation analysis for collection development. Ser. Libr. 70:121–127. doi:10.1080/0361526X.2016.1144161

ISO. 2021. ISO 690:2021 Information and documentation—Guidelines for bibliographic references and citations to information resources. ICS:01.140.20 Information sciences. 160 pp.

Li, C. N. and M. L. Lin. 2021. Transformative agreement: An exploratory study of journal license agreements. J. Edu. Media Lib. Sci. 58:123–150. (in Chinese with English abstract) doi:10.6120/JoEMLS.202103_58 (1).0002.OR.AM

Li, P. 2021. Overview of the research on the transformation and development of research libraries in China during 2008–2019. Lib. Sci. Res. Work 1:11–17. (in Chinese with English abstract)

Luo, F., R. Y. M. Li, M. J. C. Crabbe, and R. Pu. 2022. Economic development and construction safety research: A bibliometrics approach. Safety Sci. 145:105519. doi:10.1016/j.ssci.2021.105519

Monroe-Gulick, A., L. Currie, and T. Weller. 2014. Local citation analysis of national science foundation and national institutes of health grant applications: Meeting the needs of researchers. Ser. Libr. 67:399–414. doi:10.1080/0361526X.2014.983291

Ramamoorthi, P. and R. Jeyshankar. 2016. Is there a correlation between access to journals and their productive use? Ann. Libr. Inf. Stud. 63:24–30.

Salisbury, L. and J. S. Smith. 2010. The use of Web of Knowledge to study publishing and citation use for local researchers at the campus level. Collect. Manag. 35:69–82. doi:10.1080/01462671003597959

White, P. B. 2019. Using data mining for citation analysis. Coll. Res. Libr. 80:76–93. doi:10.5860/crl.80.1.76

Xiang, L. and X. Qin. 2020. Performance evaluation of foreign language electronic journals full-text databases in university library: Case study of South China University of Technology Library. Inf. Res. 10:95–101. (in Chinese with English abstract)

Xiong, T. C., X. M. Lu, and S. Yuan. 2020. The strategy of smart library construction within the context of 5G. Libr. Sci. Res. Work 6:25–29. (in Chinese with English abstract)

Yeh, N. C. 2017. Does university still need library in digital age? Bull. Taipei Public Libr. 34(2):87–101. (in Chinese with English abstract)

Župič, I. and T. Čater. 2015. Bibliometric methods in management and organization. Organ. Res. Methods. 18:429–472. doi:10.1177/1094428114562629

Research on Performance Evaluation of Electronic Literature Resource System at Council of Agriculture, Executive Yuan

Lit-Fu Chan[1,*], Hsiu-Ying Lu[2], and Ru-Ping Lee[3]

Abstract

Chan, L. F., H. Y. Lu, and R. P. Lee. 2023. Research on performance evaluation of electronic literature resource system at Council of Agriculture, Executive Yuan. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):13–24.

This study evaluated the performance of 16 electronic literature databases used by 16 research units of Council of Agriculture (COA), Executive Yuan in 2021–2022. Using data such as full-text downloads, citations and ordering costs, combined with download and citation analysis, we found out researchers' behaviors and patterns using various types of literature and evaluated whether the purchased literature resources meet research needs and rational use of funds. The results showed that the average cost per download and per citation varied greatly among electronic literature databases. Researchers preferred to search and download Chinese journals first. Due to the low price of Chinese literature databases, it showed that their use was more cost-effective. English journals were the most important literature resources cited by researchers when researchers developed agricultural research. The English citations of research reports published in Science Citation Index (SCI) and non-SCI journals were as high as 91.4% and 74.1% respectively. Since the price of professional literature databases in foreign languages is usually expensive, it was difficult to demonstrate the use performance in terms of the cost-effectiveness of downloads and citations. For citations in published reports, periodical literature was the primary source of information, accounting for 77.5%. According to the analysis of citation timeliness, the literature in the past 20 years guaranteed nearly 80% of the citations, which was the key part of the literature information. There was no correlation between the counts of full-text downloads and citations used by researchers using the database. The more types of journals covering important agricultural topics, the more specialized the subject is, and the more English-language journals are based, the more likely the downloaded journal literature will be referenced. Libraries should comprehensively consider various factors to build their collections, and avoid taking the usage rate as the only criterion for deletion. The data comparison process and multiple performance indexes established by this research can be used as an important evaluation basis for purchasing electronic literature resources of library collections in the future.

Key words: Electronic literature database, Citation analysis, Full-text downloads, Performance index, Cost-effectiveness.

Received: August 8, 2022; Accepted: October 5, 2022.
[*] Corresponding author, e-mail: leevchan@gmail.com
[1] Former Associate Research Fellow, Technical Service Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[2] Director, Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Miaoli County, Taiwan, ROC.
[3] Technical Worker, Technical Service Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):25–37 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0003 研究報告

由 *Colletotrichum orchidophilum* 引起的蛾形文心蘭炭疽病

蘇俊峯[1] 賴佩鴻[2] 簡蘭懿[2] 黃晉興[3] 林宗俊[1] 謝廷芳[4,*]

摘要

蘇俊峯、賴佩鴻、簡蘭懿、黃晉興、林宗俊、謝廷芳。2023。由 *Colletotrichum orchidophilum* 引起的蛾形文心蘭炭疽病。台灣農業研究 72(1):25–37。

南投縣埔里鎮的盆栽蛾形文心蘭 Alba 品種 (*Psychopsis kalihii*, 'Green Valley') 與 'Mountain' 品種 (*Psych. mariposa*) 於 2012 年 2 月與 7 月發生一種新病害，罹病株葉片與葉鞘出現圓形到不規則形的黑色病斑，發病率介於 42–63% 之間。病原菌分離株在減糖 1/2 的馬鈴薯葡萄糖瓊脂平板培養基上，菌落呈灰色至黑色，並有橙色孢子堆產生。分生孢子呈圓柱形，大小介於 2–2.5 µm × 9.9–22.3 µm。依科霍氏法則 (Koch's postulates) 完成病原性測定後，挑選供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4，輔以 internally transcribed spacer (ITS) 序列比對，鑑定引起蛾形文心蘭炭疽病的病原真菌為 *Colletotrichum orchidophilum* Damm, Cannon & Crous。本病原菌菌絲最適生長溫度為 20–24℃，生長速度介於 5.1–5.6 mm day^{-1}，最適發病溫度介於 16–28℃之間。

關鍵詞：蛾形文心蘭、*Colletotrichum orchidophilum*、炭疽病。

前言

文心蘭 (*Oncidium*) 為複莖地生蘭或著生蘭，花朵盛開時宛如一群少女婆娑起舞又名跳舞蘭。原生種大約有 700 多種，主要分布於熱帶美洲，分布之地域生態環境可從高海拔之高冷地到海岸沿線，因此各原生種之生態習性變化很大 (Lin 2005)。雖然文心蘭原生種有 700 種以上，但是可作為切花的商業品種不多，以黃色唇瓣品種為主流，過去以南西 (*Onc*. Gower Ramsey) 為大宗，近年來台灣文心蘭切花品種逐漸被檸檬綠 (*Onc*. Honey Angel) 所取代。文心蘭切花以外銷日本為主，輸出量約 2,276–2,500 萬枝 (Yih 2012)，根據行政院農業委員會農產貿易統計資料庫查詢 (https://agrstat.coa.gov.tw/sdweb/public/maintenance/Announce.aspx)，切花文心蘭 2011–2021 年外銷日本金額介於新台幣 3.4–5.2 億元。而盆花商業品種較多，但交易量不大，主要栽培品種有香水文心 (*Onc*. Sharry Baby)、蜜糖皇帝 (*Onc*. Sweet Sugar Emperor) 及蜜糖天使 (*Onc*. Sweet Sugar Angel) 等。近年來台灣盆花品種已開始外銷，但出口的貨物品質仍有改善的空間 (Lin 2005)。根據行政院農業委員會農產貿易統計資料庫查詢，台灣盆花文心蘭 2011–2021 年的外銷金額介於新台幣 400–1,200 萬元。

由於文心蘭在台灣多以網室或塑膠布溫室栽培，品質受環境與病害影響甚鉅。台灣已記錄的文心蘭病害包括疫病 (病原菌 *Phytophthora palmivora*) (Ann 1995)、花瓣斑點病 (病原菌 *Bipolaris zizaniae*) (Hsieh *et al*. 2000)、細菌性軟腐病 [主要病原菌有 *Pectobacterium chrysanthemi* (Lin *et al*. 2015) 與 *Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovorum* (Su & Leu 1992)]、蕙蘭嵌紋病毒 [由 *Cymbidium mosaic virus* (CymMV) 引起] (Hsieh & Han 1975) 與

投稿日期：2022 年 5 月 26 日；接受日期：2022 年 10 月 14 日。
[*] 通訊作者：tfhsieh@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組計畫助理。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所植物病理組副研究員。台灣 台中市。
[4] 農委會農業試驗所研究員兼主任秘書。台灣 台中市。

齒舌蘭輪斑病毒 [由 *Odontoglossum ringspot virus* (ORSV) 引起] (Chang *et al*. 1999) 等。另外台灣植物病害名彙 (Tzean *et al*. 2019) 有記載文心蘭炭疽病 (病原菌 *Colletotrichum gloeosporioides*) 與由疫病菌 (*Phytophthora nicotianae*) 所造成文心蘭葉片與假球莖腐敗，以及 *Fusarium proliferatum* 可在文心蘭葉片上造成黑色細斑的病徵。西元 2012 年 2 月於南投縣埔里地區花農所栽種的蛾形文心蘭 (*Psychopsis kalihii*, ‘Green Valley’ Alba 與 *Psych. mariposa*, ‘Mountain’)，其葉基部出現有黑色不規則的病斑，花農多誤以為「黑頭」。「黑頭」為蝴蝶蘭黃葉病之俗稱，病原菌為 *Fusarium solani*，有性世代為 *Nectria haematococca* (Su *et al*. 2012)。因此，花農多利用一般防治鐮孢菌病害的策略防治本病害 (Hsieh *et al*. 2005)，但是防治效果不明顯。有鑑於此，本研究主要目的在鑑定此文心蘭的新型病害，以提供農民正確病害資訊，俾利於採行正確的防治方法。

材料與方法

田間病害調查、病原菌分離及型態鑑定

西元 2012 年 2 月與 7 月，於南投縣埔里鎮一處文心蘭盆花園內，調查植株葉片或葉基部是否有發生黑色不規則病斑的情形，並調查發病率。調查時，若植株有一片葉片以上或其他部位已呈現明顯黑色不規則病斑，即視為發病，並計算發病率 (disease incidence, %)，計算方式為 (發病株數/調查總株數) × 100 (%)。另採回 18 株罹病植株於實驗室進行可疑病原菌分離。由田間採回之罹病株，以消毒過之解剖刀切取 1 cm^2 的罹病組織片段，該組織片段經 5.25% 的次氯酸鈉 (sodium hypochloride) 表面消毒 10 s 後，以無菌水漂洗一次，再用清潔之衛生紙吸乾組織片段表面的無菌水，最後將其置於 2% 的水瓊脂培養基 (2% water agar, WA) 上。隨後將培養基置於室溫下 4–5 d，待有菌絲自組織片段周圍長出時，於顯微鏡 (CH40RF100, Olympus, Tokyo, Japan) 下初步鏡檢孢子型態，計算同一菌落型態分離株的分離率 (%)，計算方式為 (所分離得到同一菌落個數/總分離個數) × 100 (%)。之後，切取菌絲尖端培養於馬鈴薯葡萄糖瓊脂平板培養基 [potato dextrose agar (PDA); BD Difco, Franklin Lakes, NJ, USA] 中，於室溫下培養。進行形態學觀察時，以移植環沾取 PDA 部分分生孢子，並於 2% WA 平板培養基上畫線培養，經 12 h 後，將該分離株單孢培養於 PDA 與減糖 1/2 的 PDA [1/2 sucrose potato dextrose agar (1/2 SPDA); BD Difco, Franklin Lakes, NJ, USA] 斜面試管培養基中 7–10 d，觀察菌落型態。若單孢培養於 2% WA 上 3–5 d，則以光學顯微鏡 (CH40RF100, Olympus, Tokyo, Japan) 鏡檢、觀察該些分離株的孢子型態與大小，再參考 Sutton (1980) 所描述的不完全真菌孢子著生方式與型態，鑑定所分離之菌株。

病原性測定

由田間罹病株罹病部位分離得到之可疑病原微生物分離株，挑選其中之 TJP-1537-2、TJP-1537-4、PA-01、PB-05、PM-01 與 PM-02 等 6 株為供試菌株，並以無菌水為對照組。供試菌株經單孢培養於 1/2 SPDA 斜面試管中生長 14 d 後，於該培養試管中加入 9 mL 無菌水，利用移植環輕輕刮取菌落表面，使該懸浮液經 4 層滅菌後之紗布過濾後，震盪混合均勻，於光學顯微鏡下，利用血球計數器 (Haemacytometers, Paul Marienfeld, Lauda-Königshofen, Germany) 計算單位體積的孢子數，並換算為孢子懸浮液的濃度，再利用無菌水調整孢子懸浮液濃度至 1–4 × 10^5 spores mL^{-1}。供試植株為購自南投縣農家之蛾形文心蘭 (*Psychopsis kalihii*, ‘Green Valley’ Alba 及 *Psych. mariposa*, ‘Mountain’)，株齡約 3–4 年。利用消毒過之解剖刀，將供試植株新葉切成 3 × 3 cm^2 的離葉組織片段，該些離葉組織塊上、下表面先用 75% 酒精進行表面消毒。取消毒過之鋼珠 (直徑 5 mm) 於供試植株離葉組織片段葉背摩擦畫圓，製造一個直徑 8 mm 的圓形壓痕，將 40 μL 的供試菌株孢子懸浮液滴置於該圓形壓痕上，即完成鋼珠摩擦接種 (steel ball rub inoculation)，另以無製造圓形壓痕之離葉組織片段為對照組。接種後的離葉組織片段需放置於 9 cm 玻璃培養皿內，並於培養皿內放置一直徑 1 cm 的濕棉花球。每供試菌株

接種 5 塊離葉組織片段，並以無菌水為對照組，每天觀察記錄離葉組織發病的情形，並調查發病度。將完成接種後之罹病部位，於實驗室進行病原菌的再分離，用以完成科霍氏法則 (Koch's postulates) 測試。發病度調查時區分為 0–3 級：0 級表接種部位健康；1 級表接種部位開始出現黑色病斑；2 級表黑色病斑擴大，但直徑小於 8 mm；3 級表黑色病斑擴大，且直徑大於 8 mm。所得之罹病度 (0–3 級) 資料，再換算為發病度 (disease severity)。發病度 = Σ Rn Tn/3N。Rn 代表罹病級數；Tn 代表該罹病級株數；N 代表接種株數。

文心蘭炭疽病菌的分子鑑定

根據病原性測定結果，選取具病原性之 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 供試菌株，單孢培養於 PDA 培養基平板上 7 d (室溫 26–28℃，12 h 光照)，將其送交核酸定序公司 (明欣生物科技有限公司，台灣台北市) 進行 DNA 萃取 (其參考 Qiagen DNeasy Plant Kit 進行) 與 polymerase chain reaction (PCR) 增幅與定序 (其以 ITS5&ITS4 與 ITS1&ITS4 當引子)，定序後之序列再以National Center for Biotechnology Information (NCBI) 網站上所登錄之資料庫進行菌株序列分析比對。繼之，所得之菌株序列並上傳至 NCBI 資料庫，以取得 GenBank accession number。

植株葉片與離葉組織片段接種對文心蘭炭疽病發病度的影響

將 40 μL 的供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4的孢子懸浮液 (1–4 × 10^5 spores mL^{-1})，利用鋼珠摩擦接種法接種於供試植株 'Mountain' 的新葉部位，接種部位先以 75% 酒精進行表面消毒，每處理 6 重複，並以無菌水為對照組。接種後之供試植株外面再套上一個透明塑膠袋保濕 [使 relative humidity (RH) 100%]，置於溫室 (22–32℃)，觀察病害發生情形。另一處理則將供試菌株利用鋼珠摩擦接種法接種在 'Mountain' 新葉所切成的 3 × 3 cm^2 離葉組織片段上，接種後之離葉組織片段放置於 9 cm 玻璃培養皿內，培養皿內並放置一直徑 1 cm 的濕棉花球保濕，置於實驗室室溫下。接種後每 3 天觀察、依前述方法記錄供試植株的發病度。

炭疽病菌接種源濃度對炭疽病發病度的影響

將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 的孢子懸浮液 (1–4 × 10^5 spores mL^{-1}) 系列稀釋為 10^1、10^2、10^3、10^4、10^5，分別將 40 μL 不同接種源濃度的孢子懸浮液，利用鋼珠摩擦接種法接種於供試植株 Alba 與 'Mountain' 新葉所切成的 3 × 3 cm^2 離葉組織片段上，接種部位先以 75% 酒精進行表面消毒，每處理 5 重複，並以無菌水為對照組。接種後之離葉組織片段放置於 9 cm 玻璃培養皿內，培養皿內並放置一直徑 1 cm 的濕棉花球保濕，置於實驗室室溫下。接種後第 3 天觀察、依前述方法記錄供試植株的發病度。

溫度對文心蘭炭疽病菌菌絲生長的影響

將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 以移植環沾取部分分生孢子，並於 2% WA 平板培養基上畫線培養，經 12 h 後，單孢培養於 PDA 培養基平板上 3–5 d，以 8 mm 打孔器切取菌落周圍菌絲，將含菌絲面之菌絲塊貼置於新配製之 PDA 平板培養基之中央。隨即將 PDA 平板培養基分別放置於 8、12、16、20、24、28、32 及 36℃定溫箱中，每個溫度處理放置 5 個培養皿，每天觀察菌絲生長的情形，量取菌落直徑，並換算菌絲生長速度。

溫度對文心蘭炭疽病發病度的影響

將 40 μL 的供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4的孢子懸浮液 (1–4 × 10^5 spores mL^{-1})，利用鋼珠摩擦接種法接種於供試植株 Alba 與 'Mountain' 新葉所切成的 3 × 3 cm^2 離葉組織片段上，接種部位先以 75% 酒精進行表面消毒。接種後之離葉組織片段放置於 9 cm 玻璃培養皿內，培養皿內並放置一直徑 1 cm 的濕棉花球保濕，培養皿分別放置於 8、12、16、20、24、28、32 及 36℃定溫箱中，每處理 5 重複，並以無菌水為對照組。接種後第 3 與 6 天觀察、記錄供試植株的發病度。

資料統計分析

接種後所得發病度資料利用 IBM SPSS Statistics (version 19) 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 與最小顯著差異性 (least significant difference; LSD; $P = 0.05$) 測驗。另部分結果進行相關係數 (Pearson correlation coefficient; c.c.) 與回歸分析 (regression analysis)。

結果

田間病害調查、病原菌分離及型態鑑定

西元 2012 年 2 月與 7 月於南投縣埔里鎮農民所栽種的蛾形文心蘭盆花 Alba (*Psychopsis kalihii*, 'Green Valley') 與 'Mountain' (*Psych. mariposa*)，其葉片 (圖 1A) 與葉鞘 (圖 1B) 上出現圓形至不規則形的黑色病斑，發病率介於 42–63% 之間。由田間採集 18 株罹病植株，於實驗室進行病原菌分離，結果在 WA 平板培養基上罹病組織部位可分離得到同一菌落型態的分離株，分離率為 79%，根據 Sutton (1980) 所描述初步鑑定該些分離株為 *Colletotrichum* 屬的真菌。挑選部分分離株培養在 PDA 與 1/2 SPDA 斜面培養基上，該些分離株的菌落呈灰色至黑色，而且在 1/2 SPDA 培養基上容易有橙色孢子堆產生 (圖 1C)。再以光學顯微鏡進行形態學觀察，分生孢子著生於分生孢子梗頂端，呈圓柱形，大小介於 9.9–22.3 μm × 2–2.5 μm，平均大小為 14.1 μm × 2.5 μm (圖 1D)。根據 Damm *et al*. (2012) 所描述，鑑定該些分離株為 *Colletotrichum orchidophilum Damm*, Cannon & Crous。

炭疽病菌孢子懸浮液於文心蘭離葉組織的病原性測定

六株供試菌株 TJP-1537-2、TJP-1537-4、PA-01、PB-05、PM-01 及 PM-02，利用鋼珠摩擦接種法將其孢子懸浮液接種在供試植株 Alba 的離葉組織塊上，接種後 3 d，供試植株的發病度 (0–3) 介於 0.8–2.4 之間，而接種無菌水者 (對照組) 則不發病，發病度為 0。其中 4 株供試菌株 TJP-1537-2、TJP-1537-4、PA-01 及 PM-01 的發病度皆大於 1.8，與對照組的發病度具有顯著之差異性 ($P < 0.05$)。若將供試菌株接種於 'Mountain' 供試植株，接種 3 d 後供試植株的發病度介於 1.8–3.0 之間，而對照組亦不發病，發病度為 0。其中除 PM-01 外，其餘供試菌株的發病度皆大於 2.4，與對照組的發病度具有顯著之差異性 ($P < 0.05$)。另外，將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 孢子懸浮液和無菌水，接種在無製造圓形壓痕之離葉組織塊上，接種 3 d 後，供試植株皆不發病 (表 1)。在供試的 3 × 3 cm^2 離葉組織片段接種後，產生與田間罹病株相同的黑色病斑 (圖 1E)，再由接種後之罹病部位，皆可再分離得到該病原菌，完成科霍氏法則。

文心蘭炭疽病菌之分子鑑定

利用分子生物技術鑑定供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4，結果 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 菌株的 ITS 序列分別與 NCBI 資料庫的 *C. orchidophilum* JQ948153.1 與 JQ948154.1 (GenBank accession number) 達 100% 相似度，佐證此兩供試菌株皆為 *C. orchidophilum*。繼之，將供試菌株 TJP-1537-2 DNA 序列登錄於 NCBI 資料庫，其 GenBank accession number 為 ON387502。

植株葉片與離葉組織片段接種對文心蘭炭疽病發病度的影響

供試植株 'Mountain' 的新葉部位接種供試菌株 TJP-1537-2 的孢子懸浮液後第 3 與 6 天，其發病度分別為 1.5 與 1.7，而接種 TJP-1537-4 者則為 2 與 2.2，對照組則不發病。若將供試菌株 TJP-1537-2 接種於供試植株的離葉組織片段上，接種後第 3 與 6 天，其發病度為 1.2 與 3，而接種 TJP-1537-4 者則為 1 與 3，對照組亦不發病。供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4，分別接種於供試植株葉片與離葉組織片段上，接種葉片與離葉組織片段的相關係數分別為 0.86 與 0.81，兩者呈高度相關性 (圖 2)。

炭疽病菌接種源濃度對植株發病度的影響

將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 不同接種源濃度的孢子懸浮液，接種於供試植

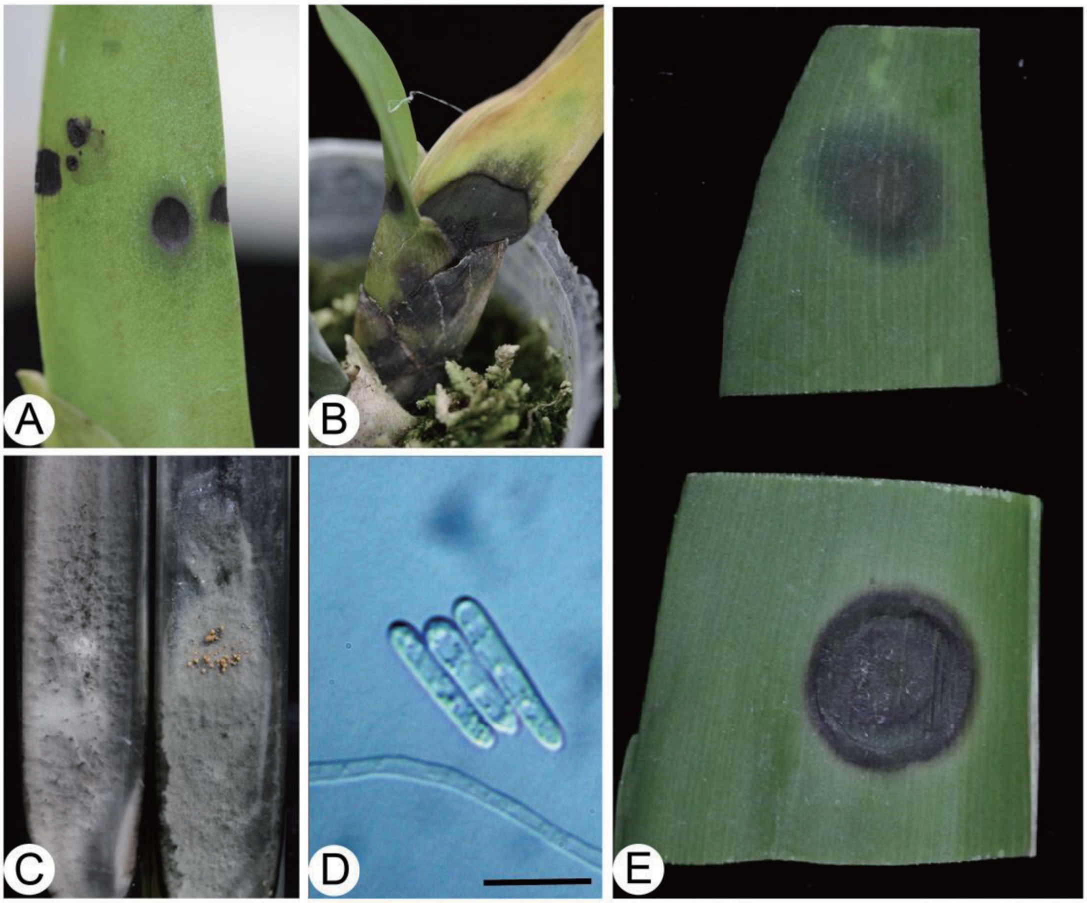

圖 1. 文心蘭炭疽病病徵與病原菌型態。文心蘭罹病 (A) 葉片與 (B) 葉鞘表現圓形到不規則形的黑色病斑；炭疽病菌在 (C 左) 馬鈴薯葡萄糖瓊脂平板培養基 (potato dextrose agar; PDA) 與 (C 右) 減糖 1/2 的 PDA (1/2 sucrose potato dextrose agar; 1/2 SPDA) 培養基上之菌落呈灰色至黑色，在 1/2 SPDA 培養基上容易有橙色孢子堆產生，病原菌孢子呈圓柱形，大小介於 (D) 9.9–22.3 μm × 2–2.5 μm。在供試 2 的 3 × 3 cm^2 離葉組織片段接種後，產生與田間罹病株相同的 (E) 黑色病斑。

Fig. 1. The symptoms of *Oncidium* anthracnose diseased and morphology of causal agent. Diseased (A) leaf and (B) sheath showed black spot with circular to irregular shapes caused by *Colletotrichum orchidophilum*. Pathogen colony showed gray to black on (C, left slant) potato dextrose agar (PDA) and (C, right slant) 1/2 sucrose potato dextrose agar (1/2 SPDA) with abundant pinkish sori. The conidia are cylindrical with the size of (D) 9.9–22.3 μm × 2–2.5 μm (bar = 10 μm). The 3 × 3 cm^2 leaf tissue fragments resulted in (E) the same black spot symptom as the diseased plants in the field after inoculation test.

株 Alba 與 ‘Mountain’ 的離葉組織片段上，接種後第 3 天後結果顯示隨 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 的接種源濃度增加，供試植株的發病度 (0–3) 亦隨之增加。其中當接種源濃度高於 10^3 spores mL^{-1} 時，供試植株 Alba 的發病度皆高於 2.2，而當接種源濃度高於 10^4 spores mL^{-1} 時，供試植株 ‘Mountain’ 的發病度皆高於 2.8 (圖 3)。

溫度對文心蘭炭疽病菌菌絲生長的影響

將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 菌絲塊置於新配置之 PDA 培養基平板之中央，放置於不同溫度之定溫箱中，7 d 後調查之結果顯示供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 的菌絲最適生長溫度介於 20–24℃，菌絲生長速度介於 5.1–5.6 mm day^{-1}。隨著溫度的增加或

表 1. 炭疽病菌孢子懸浮液接種於文心蘭離葉組織的病原性測定。

Table 1. Pathogenicity test of *Colletotrichum* sp. isolates from *Oncidium* by spore suspension inoculation on detached leaf fragment of *Oncidium*.

Isolate	8-mm indentation on leaf fragment[z]	Disease severity (0–3)[y]	
		Alba (*Psychopsis kalihii*)	'Mountain' (*Psych. mariposa*)
Water (CK)	No	0.0 a[x]	0.0 a
TJP-1537-2	No	0.0 a	0.0 a
TJP-1537-4	No	0.0 a	0.0 a
Water (CK)	Yes	0.0 a	0.0 a
TJP-1537-2	Yes	1.8 cd	3.0 c
TJP-1537-4	Yes	2.0 cd	2.6 c
PA-01	Yes	2.4 cd	2.8 c
PB-05	Yes	0.8 a	2.4 bc
PM-01	Yes	2.0 cd	1.8 b
PM-02	Yes	1.2 bc	2.4 bc

[z] Each isolate was inoculated on 5 detached leaf fragments, and an 8-mm indentation was made on those fragments by steel ball after rubbing. Data were recorded at the 3rd day after inoculation.

[y] The disease severities were assayed on a scale of 0–3: 0 = healthy; 1 = black spot on inoculated tissue; 2 = the diameter of black spot extending less than 8-mm; 3 = the diameter of black spot extending more than 8-mm.

[x] Values followed by the same letter in each column are not significantly different at $P > 0.05$ according to least significant difference (LSD) test.

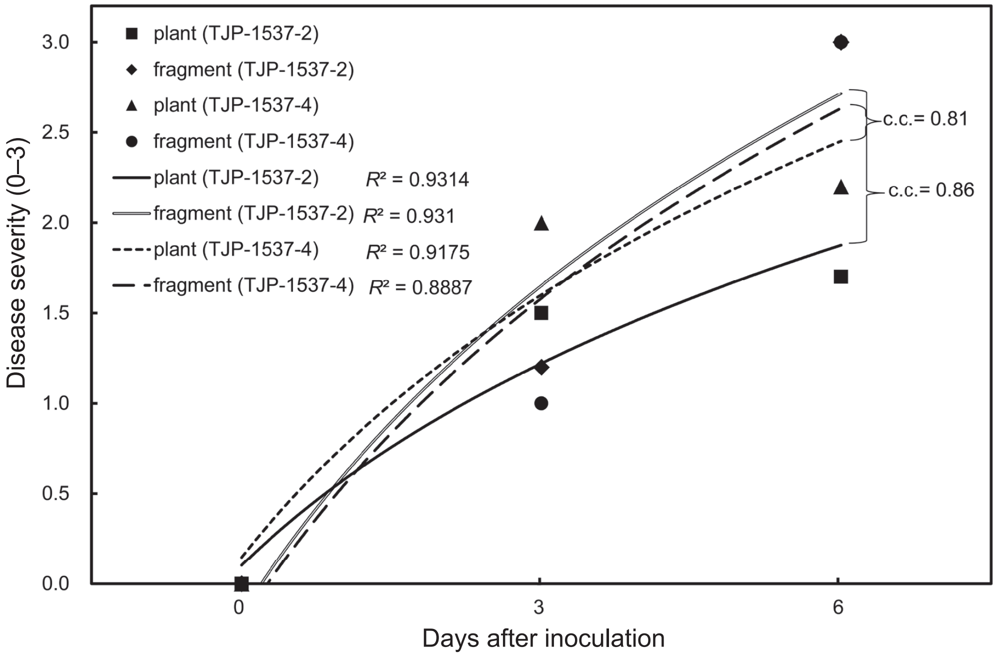

圖 2. 植株葉片與離葉組織片段接種對文心蘭炭疽病發病度的影響。

Fig. 2. Effect of inoculation methods with plant leaf and detached leaf fragment on disease severity of anthracnose caused by *Colletotrichum orchidophilum* TJP-1537-2 and TJP-1537-4. "c.c." indicated Pearson correlation coefficient of disease severities between inoculation of plant leaves and detached leaf fragments.

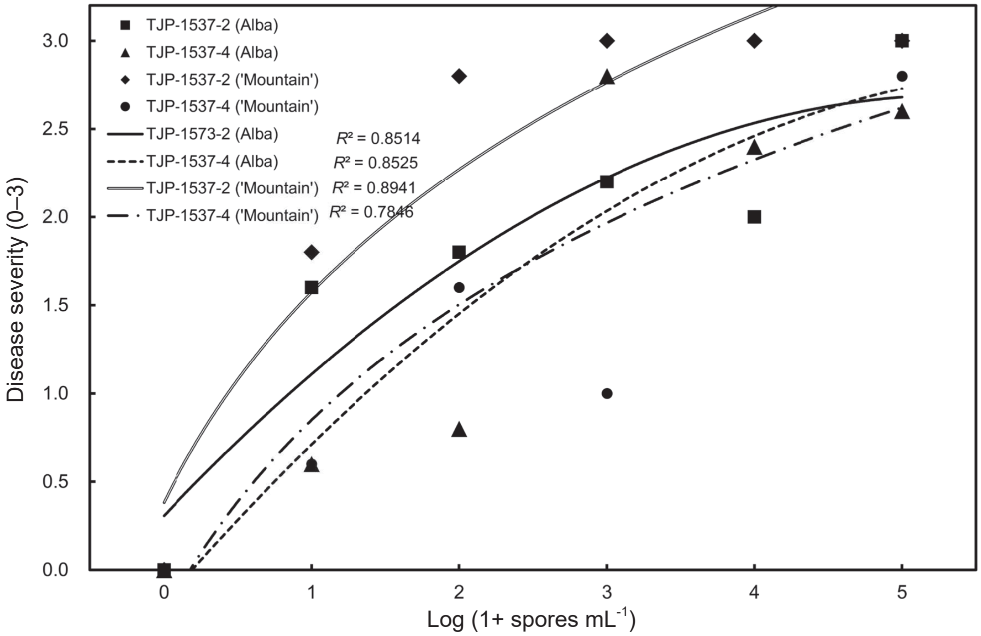

圖 3. 炭疽病菌接種源濃度對植株發病度的影響。

Fig. 3. Effect of inoculum concentration on disease severity of *Oncidium* anthracnose caused by *Colletotrichum orchidophilum* TJP-1537-2 and TJP-1537-4 with the detached leaf fragment method.

降低，菌絲生長速度則隨之遞減，在 8℃時菌絲生長速度介於 1–1.5 mm day^{-1}，但溫度高於 32℃時，菌絲即無法生長 (圖 4)。

溫度對文心蘭炭疽病發病度的影響

將供試菌株 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 的孢子懸浮液接種於供試植株 Alba 與 ‘Mountain’ 的離葉組織片段上，分別放置於 8、12、16、20、24、28、32 及 36℃定溫箱中。接種後第 3 天結果顯示，當溫度為 24℃與 28℃時，供試植株 Alba 的發病度 (0–3) 皆高於 1.8。當溫度介於 20℃與 28℃之間時，供試植株 ‘Mountain’ 的發病度皆高於 2.4。在此溫度範圍外，隨著溫度的增加或降低，供試植株的發病度則隨之遞減，在低於 12℃與 36℃時，供試植株發病輕微或幾乎不發病，發病度小於 1 (圖 5)。接種後第 6 天結果顯示，當溫度介於 16℃與 28℃時，供試植株 Alba 的發病度皆高於 2.4，供試植株 ‘Mountain’ 的發病度則皆高於 2.6。在此溫度範圍外，隨著溫度的增加或降低，供試植株的發病度則隨之遞減，在低於 12℃與高於 32℃時，發病度小於 1.6 (圖 6)。

討論

刺盤孢屬 (*Colletotrichum* spp.) 真菌屬於腔孢菌綱 (Coelomyctes)，可危害超過 1,000 種的植物並導致炭疽病 (anthracnose) 的發生 (Moriwaki *et al*. 2002)，常見的如草莓炭疽病 (病原菌包括有 *C. acutatum*、*C. gloeosporioides* 與 *C. dematium*) (Howard *et al*. 1992)、檬果炭疽病 (病原菌為 *C. gloeosporioides*) (Kefialew & Ayalew 2008) 及香蕉炭疽病 (病原菌為 *Colletotrichum musae*) (Su *et al*. 2011) 等。在分類上，過去 *Colletotrichum* spp. 的種類可能包括有幾百種，但是 Sutton (1980, 1992) 根據 *Colletotrichum* 的菌落培養特性、分生孢子形態大小、附著器的形態及寄主範圍病原性測定等，將其僅區分為 38 種 (species)、一個變種 (variety) 及 8 個具寄主專一性的分化型 (formae specialis)。而常見

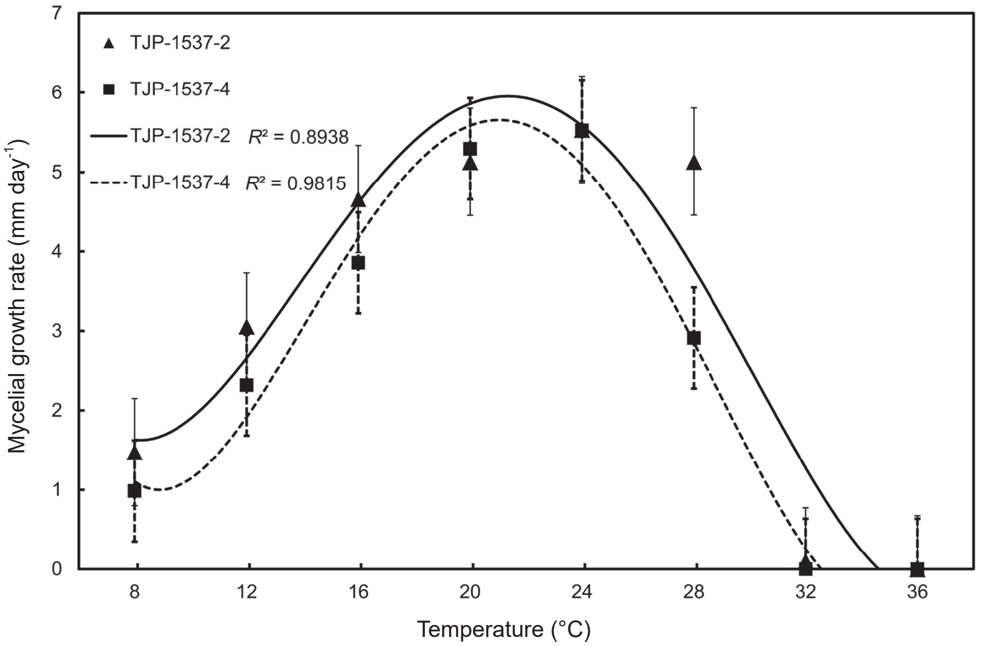

圖 4. 溫度對文心蘭炭疽病菌菌絲生長的影響。

Fig. 4. Effect of temperature on mycelial growth of *Colletotrichum orchidophilum* TJP-1537-2 and TJP-1537-4 causing anthracnose of *Oncidium* on potato dextrose agar (PDA) plate (error bars indicated 95% confidence interval among temperatures).

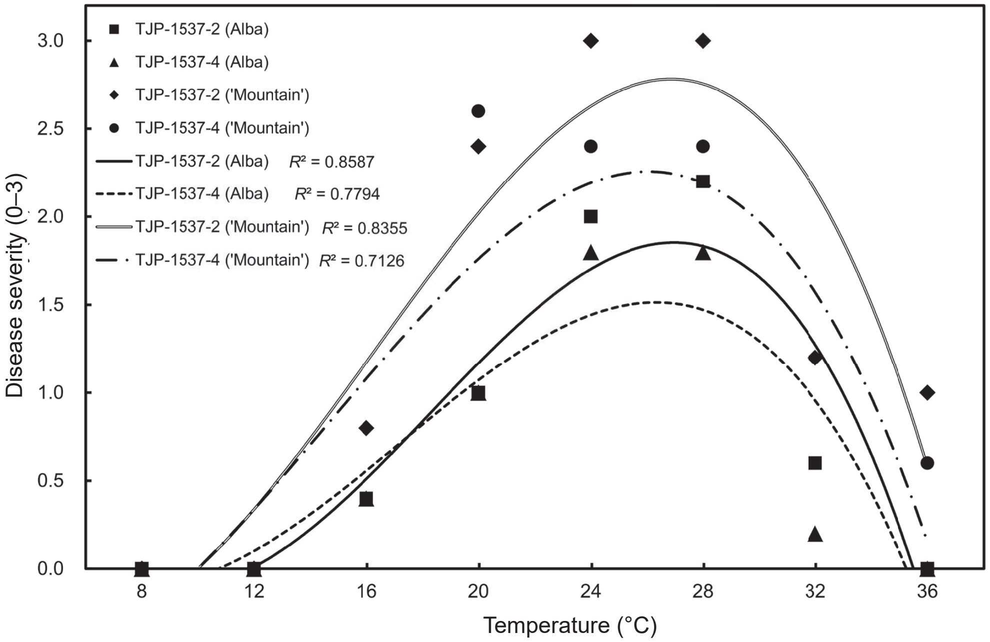

圖 5. 接種後在不同溫度下處理 3 d 對文心蘭炭疽病發病度的影響。

Fig. 5. Effect of different temperatures on disease severity of *Oncidium* anthracnose caused by *Colletotrichum orchidophilum* TJP-1537-2 and TJP-1537-4 3 d after inoculation.

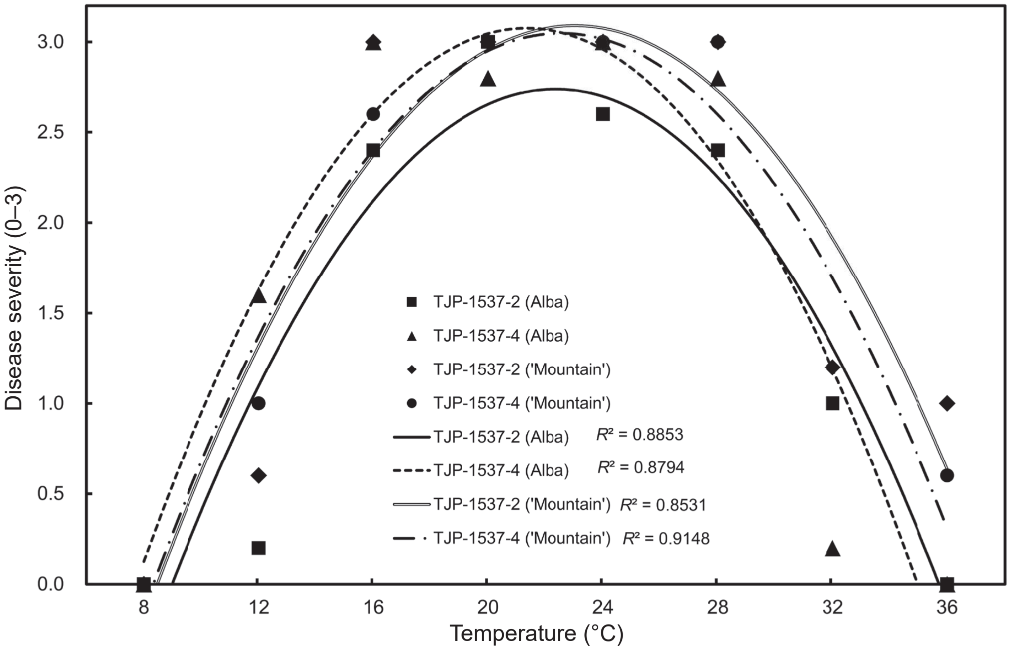

圖 6. 接種後在不同溫度下處理 6 d 對文心蘭炭疽病發病度的影響。

Fig. 6. Effect of different temperatures on disease severity of *Oncidium* anthracnose caused by *Colletotrichum orchidophilum* TJP-1537-2 and TJP-1537-4 6 d after inoculation.

的炭疽病菌依分生孢子的形態，可大致被區分為兩大類：(1) 分生孢子為長橢圓形，例如 *C. acutatum*、*Colletotrichum lagenarium*、*C. musae*、*Colletotrichum lindemuthianum* 及 *C. gloeosporioides*。(2) 分生孢子為新月形，例如 *C. dematium*、*Colletotrichum capsic*、*Colletotrichum falcatum* 及 *Colletotrichum trucatum*。

本研究由田間 2 種蛾形文心蘭 (*Psychopsis kalihii*, ‘Green Valley’ Alba 及 *Psych. mariposa*, ‘Mountain’) 的葉片與葉鞘黑色不規則病斑中所分離得到的 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 菌株，其分生孢子呈圓柱形，大小介於 9.9–22.3 μm × 2–2.5 μm，平均大小為 14.1 μm × 2.5 μm，長寬比約 5.6 (圖 1D)。本病原菌的分生孢子型態符合 Damm *et al*. (2012) 所描述的 *C. orchidophilum* strain CBS 631.80，其長寬比值約為 5.1。在 Sutton (1980) 的描述中，*C. gloeosporioides* 的分生孢子為長橢圓形，其孢子長度大於 12 μm，而孢子寬度則小於 4.5 μm，然而 Shi *et al*. (2011) 所描述的檬果炭疽病菌 *C. gloeosporioides* 的分生孢子大小介於 12–16 μm × 6–8 μm 之 間，Carrington *et al*. (2001) 描述造成鋸棕櫚 (saw palmettos) 提早落果的病原菌 *C. gloeosporioides*，其分生孢子大小介於 7.5–17.5 μm × 2.5–3.8 μm 之間。由此觀之，不同寄主來源的 *C. gloeosporioides* 分離株，其分生孢子大小會有些許的差異。Moriwaki *et al*. (2002) 認為，不同來源的炭疽病菌分離株，常因培養條件不同、寄主不同，而造成病原菌分生孢子在型態上的差異，可能導致在鑑定上的誤判，因此需要輔以分子生物技術當作鑑定的依據。本研究將 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 分離株，輔以 rDNA 序列分析與比對，發現 TJP-1537-2 與 TJP-1537-4 與 NCBI 資料庫的 *C. orchidophilum* JQ948153.1 與 JQ948154.1 (GenBank accession number) 達 100% 相似度。根據從菌種保存中心 [Fungal Biodiversity Centre (CBS) 與 International Mycological Institute (IMI)] 培養的菌株與 GenBank 收集的數據資料，*C. orchidophilum* 與 *C. acutatum* species complex 的親緣關係最為密切，因此常用作構建 *C. acutatum* 物種親緣關係樹

(phylogenetic trees) 的參考外群 (Baroncelli *et al*. 2018)。在美國、英國、巴拿馬和中國等國家的紀錄，*C. orchidophilum* 會感染蘭科作物 (Damm *et al*. 2012)，在墨西哥、印度與西南印度洋地區則會感染香莢蘭 (Vanilla) (Charron *et al*. 2018)。

炭疽病的病徵表現受作物種類、品種的不同而有所差異，一般 *C. gloeosporioides* 會在罹病部位 (葉片或果實)，產生淡褐色到暗褐色深淺不一的輪紋病徵，並且在高濕度的環境下，罹病部位會有褐黃色到橙色的分生孢子堆產生 (Ploetz 2004)。然而，桃樹幼苗 (苗期一年) 被 *C. gloeosporioides* 感染後，會出現猝倒 (damping-off) 或萎凋 (wilting) 的病徵 (Yang *et al*. 2011)。柑橘花朵被 *C. gloeosporioides* 感染，則會造成花腐 (blossom blight) 與落果 (fruit drop) 的病徵 (Lima *et al*. 2011)。本研究之文心蘭炭疽病菌 *C. orchidophilum* 則可在蛾形文心蘭盆花葉片 (圖 1A) 與葉鞘 (圖 1B) 上，造成圓形到不規則形的黑色病斑。另外，傷口的產生與環境條件 (如溫度、濕度) 亦會影響炭疽病菌對寄主植物的病徵表現與致病性 (Leandro *et al*. 2003)。Pandey *et al*. (1997) 則在研究番石榴果實炭疽病時，對番石榴果實進行分 3 項處理：(1) 沒有傷口 (uninjured)；(2) 用細砂輕磨果實表面 (sand-injured)；(3) 刺傷果實表面 (punctured)。處理後，將供試果實分別放置在 15、20、25、30、35 及 40℃的定溫箱中。結果在 30℃時番石榴果實炭疽病發病速度最快，其中又以用細砂輕磨果實表面的處理發病最為嚴重，該果實上所產生的病斑數是其他處理的 1.3–2.4 倍。Pandey *et al*. (1997) 認為在印度田間番石榴果實經常受到昆蟲與鳥類的危害，使得炭疽病菌可經由該些傷口感染果實。另外在番石榴生長的季節，大部分栽培地區的風速可達 40–50 km h^{-1}，揚起塵沙在果實表面會產生細微的傷口，加上戶外溫度可達 35–40℃的絕佳發病環境，則造成印度番石榴炭疽病的嚴重發生。本研究新研發鋼珠摩擦接種法 (steel ball rub inoculation)，於供試植株葉表面製造一個直徑 8 mm 的圓形壓痕，將供試菌株孢子懸浮液滴置於圓形壓痕上，接種 3 d 後則可快速完成病原性測定，若供試植株葉表面未製造圓形壓痕，則供試植株不發病 (表 1)。本研究在田間病害調查時發現，埔里地區冬季可能會出現 10℃以下的低溫，經常造成文心蘭植株的寒害，寒害發生時則會在蛾形文心蘭葉片或葉鞘上造成許多輕微透化的小斑點，這些透化的小斑點或許有助於文心蘭炭疽病的發生。而冬天低溫或許會降低炭疽病的發病率，但是只要田間相對濕度介於 53–86% 之間，則仍有助於炭疽病的發生 (Pandey *et al*. 1997)。本研究將接種後的文心蘭離葉組織片段，放置在保濕的玻璃培養皿內，置於不同設定溫度的培養箱中，在低溫的環境下文心蘭炭疽病雖然發病較緩慢 (圖 5)，但是持續一段時間後，文心蘭炭疽病仍會嚴重的發生 (圖 6)。

本研究主要報導蛾形文心蘭炭疽病的發生，雖然病原菌為新鑑定之 *C. orchidophilum*，但是其與 *C. acutatum* species complex 有密切的親緣關係，且僅會感染蘭科作物看來，本病害應可採用與一般作物炭疽病的防治方法，包括避免對植株組織部位造成表皮傷口，使病原菌無法由組織傷口侵入。在栽培管理上，合理化施肥、避免過度遮蔭、注意區域內通風與移除罹病植株等方法，亦有助於本病害的發生。

引用文獻

Ann, P. J. 1995. Phytophthora diseases of orchids in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 4:152–162. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.199512_4(4).0002

Baroncelli, R., S. A. Sukno, S. Sarrocco, G. Cafà, G. Le Floch, and M. R. Thon. 2018. Whole-genome sequence of the orchid anthracnose pathogen *Colletotrichum orchidophilum*. Mol. Plant Microbe. Interact. 31:979–981. doi:10.1094/MPMI-03-18-0055-A

Carrington, M. E., P. D. Roberts, N. V. R. R. Urs, R. J. McGovern, T. E. Seijo, and J. J. Mullahey. 2001. Premature fruit drop in saw palmettos caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Dis. 85:122–125. doi:10.1094/PDIS.2001.85.2.122

Chang, C. A., Y. S. Tseng, C. C. Chen, and T. C. Deng. 1999. Detection of odontoglossum ringspot tobamo-

virus by DNA probe hybridization and reverse transcription-polymerase chain reaction. Plant Pathol. Bull. 8:29–36. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.199903_8(1).0005

Charron, C., J. Hubert, J. Minatchy, V. Wilson, F. Chrysot, S. Gerville, R. Ioos, C. Jeandel, and M. Grisoni. 2018. Characterization of *Colletotrichum orchidophilum*, the agent of black spot disease of vanilla. J. Phytopathol. 166:525–531. doi:10.1111/jph.12714

Damm, U., P. F. Cannon, J. H. C. Woudenberg, and P. W. Crous. 2012. The *Colletotrichum acutatum* species complex. Stud. Mycol. 73:37–113. doi:10.3114/sim0010

Howard, C. M., J. L. Maas, C. K. Chandler, and E. E. Albregts. 1992. Anthracnose of strawberry caused by the *Colletotrichum* complex in Florida. Plant Dis. 76:976–981. doi:10.1094/PD-76-0976

Hsieh, S. P. Y. and Y. S. Han. 1975. Virus disease of orchids caused by *Cymbidium mosaic virus* in Taiwan. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 21:292–298. (in Chinese with English abstract) doi:10.6964/JCSHS.197511.0292

Hsieh, T. F., Y. C. Chang, and C. C. Tu. 2000. Petal spot of *Oncidium hybridium* caused by *Bipolaria zizaniae*. Plant Pathol. Bull. 9:75–78. (in Chinese with English abstract) doi:10.6649/PPB.200006_9(2).0006

Hsieh, T. F., T. C. Huang, and C. A. Chang. 2005. Phalaenopsis diseases. p.241–252. *in*: Taiwan Agriculture Encyclopedia: Crop Edition-3. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. 776 pp. (in Chinese)

Kefialew, Y. and A. Ayalew. 2008. Postharvest biological control of anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) on mango (*Mangifera indica*). Posthavest Biol. Technol. 50:8–11. doi:10.1016/j.postharvbio.2008.03.007

Leandro, L. F. S., M. L. Gleason, F. W. Nutter, Jr., S. N. Wegulo, and P. M. Dixon. 2003. Influence of temperature and wetness duration on conidia and appressoria of *Colletotrichum acutatum* on symptomless strawberry leaves. Phytopathology 93:513–520. doi:10.1094/PHYTO.2003.93.4.513

Lima, W. G., M. B. Spósito, L. Amorim, F. P. Gonçalves, and P. A. M. de Filho. 2011. *Colletotrichum gloeosporioides*, a new causal agent of citrus postbloom fruit drop. Eur. J. Plant Pathol. 131:157–165. doi:10.1007/s10658-011-9795-1

Lin, R. S. 2005. Oncidium. p.903–908. *in*: Taiwan Agriculture Encyclopedia: Crop Edition-2. Council of Agriculture, Executive Yuan. Taipei, Taiwan. 926 pp. (in Chinese)

Lin, Y. H., P. J. Lee, W. T. Shie, L. L. Chern, and Y. C. Chao. 2015. *Pectobacterium chrysanthemi* as the dominant causal agent of bacterial soft rot in *Oncidium* "Grower Ramsey." Eur. J. Plant Pathol. 142:331–343. doi:10.1007/s10658-015-0618-7

Moriwaki, J., T. Tsukiboshi, and T. Sato. 2002. Groping of *Colletotrichum* species in Japan based on rDNA sequences. J. Gen. Plant Pathol. 68:307–320. doi:10.1007/PL00013096

Pandey, R. R., D. K. Arora, and R. C. Dubey. 1997. Effect of environmental conditions and inoculum density on infection of guava fruits by *Colletotrichum glososporioides*. Mycopathologia 137:165–172. doi:10.1023/A:1006842801828

Ploetz, R. C. 2004. The major diseases of mango: Strategies and potential for sustainable management. Acta Hortic. 645:137–150. doi:10.17660/ActaHortic.2004.645.10

Shi, X. Q., B. Q. Li, G. Z. Qin, and S. P. Tian. 2011. Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. Plant Dis. 95:63–69. doi:10.1094/PDIS-06-10-0437

Su, C. C. and L. S. Leu. 1992. Soft rot of *Oncidium* "Gower Ramsey" and *Cymbidium* sp. caused by *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*. Plant Pathol. Bull. 1:190–195. (in Chinese with English abstract). doi:10.6649/PPB.199212_1(4).0005

Su, J. F., Y. C. Lee, C. W. Chen, J. H. Huang, and T. F. Hsieh. 2012. Field surveys for *Fusarium* diseases of Phalaenopsis in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 21:115–130. (in Chinese with English abstract)

Su, Y. Y., P. Noireung, F. Liu, K. D. Hyde, M. A. Moslem, A. H. Bahkali, K. A. Abd-Elsalam, and L. Cai. 2011. Epitypification of *Colletotrichum musae*, the causative agent of banana anthracnose. Mycoscience 52:376–382. doi:10.1007/S10267-011-0120-9

Sutton, B. C. 1980. The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Commonwealth Mycological Institute. Surrey, UK. 696 pp.

Sutton, B. C. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. p.1–26. *in*: *Colletotrichum*: Biology, Pathology and Control. (Bailey, J. A. and M. J. Jeger, eds.) CAB International. Wallingford, UK. 388 pp.

Tzean, S. S., K. C. Tzeng, C. A. Chang, T. T. Tsay, and H. F. Yen. 2019. List of Plant Diseases in Taiwan. 5th ed. Taiwan Phytopathological Society. Taichung, Taiwan. 329 pp. (in Chinese)

Yang, C. H., X. G. Li, and T. Liang. 2011. Symptoms and pathogenic biological characteristics of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on peach seedling. Guizhou Agr. Sci. 5:128–130. (in Chinese

with English abstract)

Yih, M. S. 2012. Oncidium. p.137–146. *in*: The Proceedings of Exporting Crop Industry in Central Taiwan. Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan. Taichung, Taiwan. 160 pp.

The Occurrence of *Psychopsis* Anthracnose Caused by *Colletotrichum orchidophilum* in Taiwan

Jiunn-Feng Su[1], Pei-Hung Lai[2], Lan-Yi Chien[2], Jin-Hsin Huang[3], Tsung-Chun Lin[1], and Ting-Fang Hsieh[4,*]

Abstract

Su, J. F., P. H. Lai, L. Y. Chien, J. H. Huang, T. C. Lin, and T. F. Hsieh. 2023. The occurrence of *Psychopsis* anthracnose caused by *Colletotrichum orchidophilum* in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):25–37.

The field surveys were conducted at Puli Township, Nantou County in February and July 2012. Both of the oncidium cultivars Alba (*Psychopsis kalihii*, 'Green Valley') and 'Mountain' (*Psych. mariposa*) showed black spot with circular to irregular on leaves and sheath parts of diseased plants. The disease incidences were up to 42–63% in field surveys. The colony characteristics of fungi isolates from diseased plants showed gray to dark color with abundant pinkish conidia mass on 1/2 sucrose of potato dextrose agar. The conidia are cylindrical with the size ranges of 2–2.5 μm × 9.9–22.3 μm. After following Koch's postulates to make sure the pathogenicity, two isolates of TJP-1537-2 and TJP-1537-4 were chosen and submitted for further molecular identification by using sequence comparison of internal transcribed spacer (ITS) of ribosomal DNA. The pathogen causing the new recorded *Psychopsis* anthracnose was identified as *Colletotrichum orchidophilum* Damm, Cannon & Crous. Optimum temperatures for mycelial growth of pathogen ranged from 20 to 24℃, and the growth rates ranged from 5.1 to 5.6 mm day^{-1}. Optimum temperatures for disease development ranged from 16 to 28℃.

Key words: *Psychopsis*, *Colletotrichum orchidophilum*, anthracnosec.

Received: May 26, 2022; Accepted: October 14, 2022.

[*] Corresponding author, e-mail: tfhsieh@tari.gov.tw
[1] Assistant Research Fellows, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[2] Project Assistants, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[3] Associate Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[4] Research Fellow and Chief Secretary, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):39–48 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0004

研究報告

不同乾燥方法對油茶籽油品質與其機能成分之影響

李雅琳[1,*]　劉威廷[2]　洪子桓[2]　林素月[3]　何奕漢[3]　李穎甫[4]　張家華[3]　陳秋樺[3]　張蓓容[3]

李雅琳、劉威廷、洪子桓、林素月、何奕漢、李穎甫、張家華、陳秋樺、張蓓容。2023。不同乾燥方法對油茶籽油品質與其機能成分之影響。台灣農業研究 72(1):39–48。

摘要

本試驗採用台灣原生種短柱山茶 (*Camellia brevistyla*) 小果種油茶籽材料，進行日曬、熱風乾燥、室內風扇強對流 (簡稱風扇法) 等 3 種乾燥方法去除種子水分，之後經過烘焙並以螺旋式壓榨法製油，分別從油脂品質之酸價、過氧化價分析，機能性成分之總酚含量、維生素 E 含量分析，以及生理活性以油脂還原力進行評估，並以油脂氧化安定指數 (Oil stability index; OSI) 作為儲放或烹調過程油脂安定性的科學評估指標。整體分析比較顯示，傳統日曬種子的新鮮油脂品質良好，但是較不耐儲放，熱風法可以有效提升酚類化合物含量，進而提高氧化安定性。風扇法雖然有豐富酚類化合物 (高於日曬種子)，但是儲放過程之油脂品質快速下降，顯示對抗氧化效果不佳，這可能與其維生素 E 含量特別低有關。因此，建議可以熱風法取代傳統日曬法，或將油茶籽先以日曬處理，之後再以熱風乾燥縮短時間，如此可兼顧油脂品質與提升儲放過程之氧化安定性。

關鍵詞：小果油茶籽、油茶籽乾燥條件、油脂品質、機能性成分、油脂氧化安定性。

前言

油茶樹屬於山茶科 (Theaceae) 山茶屬 (*Camellia*) 之常綠灌木或小喬木。油茶樹的種籽，稱為油茶籽 (oil tea seeds)，含油率 30–50%，其榨出油稱為油茶籽油 (oil tea seeds oil)，台灣稱為「苦茶油」，中國大陸稱為「山茶油」或是「茶油」，日本則稱為「椿油」，本文依據英文名稱，統稱為油 (苦) 茶油。台灣油茶樹主要有兩個品種，可以果實大小之外觀區分為大果油茶 (*Camellia oleifera*) 與小果油茶 (*C. brevistyla*，短柱山茶，先前分類學名為細葉山茶 *C. tenuifolia*)。此二品種生長環境略有不同，大果種較耐熱，主要種植分布於台灣中南部及東部山區，小果種較喜冷涼環境，以苗栗山區以北地區為主，並且二者之間植物生理有明顯差異，因為小果種可以做為砧木嫁接大果種，反之則不然。另外，台灣所稱「茶籽油」是指飲料用的茶樹 (*C. sinensis*) 產生的茶籽壓榨油，其含油率較低 (約 20%)，而油脂脂肪酸組成相近於胡麻油、花生油 (Hsieh *et al*. 2013)。

油 (苦) 茶油脂肪酸組成與橄欖油相似，含有高比例油酸 (oleic acid)，約 70–80% (Zhong *et al*. 2007)，因此有東方橄欖油之稱。攝取橄欖油的保健功效已經被科學研究證實，除了油酸可以降低心血管疾病的風險 (Kris-Etherton 1999; Sales-Campos *et al*. 2013)，橄欖油中的多酚化合物 (polyphenols) 也被認為是重要的功效成分 (Cinelli *et al*. 2020; Ajal *et al*. 2021)，並且被證實可以有效提高油脂氧化安定性 (Cicerale *et al*. 2010)。

華人食用油 (苦) 茶油已有 2 千年以上的歷史，16 世紀李時珍 (1518–1593 AD) 著作本草綱目中，闡明其生理功效，包括緩和胃食道

投稿日期：2022 年 9 月 13 日；接受日期：2022 年 11 月 16 日。
* 通訊作者：ylleet@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所生物技術組研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所生物技術組助理研究員。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所生物技術組計畫助理。台灣 台中市。
[4] 農委會農業試驗所生物技術組約僱技術員。台灣 台中市。

逆流、胃潰瘍、氣喘、咳嗽、貧血、便祕等，並可調節血糖、改善血液循環及皮膚健康。2019 年，國產小果種及大果種油 (苦) 茶油，以體外 (*in vitro*) 及體內 (*in vivo*) 動物模式，分別被證明可以保護胃部對抗非固醇類抗發炎藥物 (nonsteroidal anti-inflammatory drugs; NSAIDs) (Wang *et al*. 2019) 以及酒精 (Lee *et al*. 2019) 的傷害。就油 (苦) 茶油的油脂組成分，雖然其脂肪酸組成與橄欖油相近，但是兩者的油脂微量成分有所差異，特別是橄欖油中的功效成分常具有嗆辣味，也因此被認為是頂級橄欖油的特徵，而油 (苦) 茶油也略具嗆辣或是苦味，此與品種、產地、榨油製程都有相關性 (Cicerale *et al*. 2010; Cinelli *et al*. 2020; Ajal *et al*. 2021)，惟這種特殊風味尚未與機能功效相連結。

油茶樹花期集中於清明節前，之後可以觀察授粉情形，八、九月分觀察當年度結果率，大約於霜降節氣之後種子完熟才能採收。油茶籽的含油率、微量機能成分組成，主要受到品種、栽培環境與管理條件，以及成熟度之影響。其中，微量機能成分組成，可能與採後處理與榨油製程有重要相關性。本研究主要探討油茶籽乾燥條件對油脂品質、機能性成分，以及油脂氧化安定性、對細胞活力之影響進行探討，以提供業者參考與運用。

材料與方法

油茶籽乾燥、儲放、榨油處理與分析試驗時間

2019 年底收集霜降 (10 月 24 日) 過後生產於苗栗縣三灣鄉之台灣原生種小果油茶 (短柱山茶，*Camellia brevistyla*) 鮮果，區分三種方法乾燥，均乾燥至含水率不再下降為止。乾燥方法、時間與最終含水率如下：(1) 日曬法 (sun drying)，每日 8 點過後，將果實攤曬在陽光下，量測最高品溫可達 43℃，經過 16 d，含水率降至 5.5%。(2) 熱風法 (hot air)，果實以 55℃熱風乾燥，經過 28 h，含水率降至 4.4%。(3) 風扇法 (air fan)，於室內 27℃環境使用風扇對流，經過 30 h，含水率降至 7.8%。之後，將 3 種乾燥種子統一放置室內陰涼通風處 (約 24℃環境溫度) 儲放。於 2020 年 4 月 22 日再次分析油茶籽水分含量確定並無變化，並於 5 月 25 日進行榨油處理，3 種乾燥種子，統一經過 120℃烘焙，並以螺旋式榨油機 (型號：MK-OP-01，創客工業有限公司，台灣台南市) 設定 120℃條件榨油，獲得之油脂於 4℃靜置 1 wk 後，以離心法分離油粕，取上層清澈油脂，於 4℃放置 0、2、4 個月 (2020 年 6 月、8 月、10 月) 時間，分別測定其酸價 (acid value, AV)、過氧化價 (peroxide value; POV)、總酚含量、還原力。油脂氧化安定性測定時間為 2020 年 8、10、11 月。此外，於 2020 年 10 月、2021 年 12 月分析油脂維生素 E 含量，比較儲放過程的變化，並於 2020 年 10 月 (保存於 4℃ 經過 2 個月之後) 使用小鼠 Raw264.7 細胞株進行細胞活力試驗。

油茶籽含水率測定

依據 CNS 8315, N 4079「油籽-水分及揮發物含量之測定方法」，取苦茶籽脫殼種仁置於坩鍋中，以 105℃烘箱進行含水率測定，每 2 h 取出冷卻後秤重，直至兩次秤重間差異等於或少於 0.005 g 為止，每樣品試驗 3 重複，每試驗取兩顆苦茶籽種仁。公式如下：

含水率 (%) = (苦茶籽種仁鮮重 − 苦茶籽種仁乾重) / 苦茶籽種仁鮮重 × 100

AV 與 POV 分析

AV 分析法，相同於我們先前發表報告 (Hsieh *et al*. 2013)，使用自動滴定儀 (auto-titrator 785 DMP Trino, Metrohm, Herisau, Switzerland)，依據儀器說明操作流程進行。POV 分析法依據 AOCS Official Method 965.33，使用油脂 2.50 g (標準方法用量的一半) 進行分析 (Hsieh *et al*. 2013)。苦茶油的國家品質標準 (CNS 15827) 在 2015 年公告，一級油 AV < 1.5 mg KOH g^{-1} oil、POV < 6.0 meq. peroxide kg^{-1} oil，二級油 AV < 3.0 mg KOH g^{-1} oil、POV < 10 meq. peroxide kg^{-1} oil。

維生素 E 含量

分析方法依據 Huang *et al*. (2017) 使用高

效液相層析儀 (High Performance Liquid Chromatography, HPLC, 2695, Waters, Milford, MA) 進行分析，分離管柱 Inertsil ODS-3 (5 μm, 150 × 4.6 mm I.D., GL Sciences, Tokyo, Japan)，溫度設定40℃，移動相甲醇：乙腈 = 40 : 60 (均購自 Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA)；流速設定 1 mL min^{-1}，使用螢光偵測器 (Waters 2475 multi λ fluorescence detector) (Conquer Scientific, Poway, CA, USA) 分析，激發波長為298 nm，放射波長為 328 nm。樣品製備是將油脂以丙酮溶解後經過 0.45 μm 過濾膜 [polyvinylidene difluoride (PVDF) filter] 過濾。配製 1.25、2.5、5.0、10、20、40、80 mg mL^{-1} 維生素 E 標準品 (α-tocopherol, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 以建立標準曲線 ($r > 0.99$，以內插法分析)。

油脂氧化安定指數 (Oil stability index; OSI)

OSI 分析方法同 Hsieh *et al*. (2013)，使用之儀器為 Rancimat apparatus (873 Biodiesel Rancimat, Metrohm AG, Switzerland)。方法是精確秤取油脂樣品3.00 g，置入油脂試樣管 (透明玻璃管)，置入 110、120 或 130℃恆溫控制槽，通入10-L h^{-1}空氣流以加速油脂樣品氧化，偵測 OSI 數值 (hour; h)。原理是油脂氧化過程歷經三個階段：(1) 起始期 (initiation stage)，出現小量氧化自由基 (free radical，分子帶有不成對的電子)，油脂中的抗氧化物質可以有效消滅這些自由基，維持一段安定時間、(2) 增殖期 (propagation stage)，此階段自由基的產生量太多，已經超過抗氧化物質可以消滅的數量，此時自由基不斷撞擊油脂分子，使新生自由基大量增生、(3) 終止期 (termination stage)，大量自由基彼此碰撞形成電子對 (ion pair) 遂使反應逐漸平息 (Nawar 1996)。此儀器提供高溫環境並持續注入空氣，加速消耗油脂樣品中的抗氧化物質，分析過程是將油脂樣品上方的氣體導入水 (60 mL) 中，偵測全程水體的導電度變化，當油脂氧化進入增殖期時，揮發性氧化氣體例如醛類、酮類等大量產生，導致水體的導電度急遽上升，導電度變化的轉折點即是油脂氧化安定指數，單位是小時 (h)，當數值越高時，代表油脂越能耐受高溫與氧化環境，其安定性越高 (Lampert 1999)。

總酚含量

檢測方法依據 Singleton & Rossi (1965) 方法加以修改，本試驗方法如Hsieh *et al*. (2013)。標準曲線是以沒食子酸 (gallic acid, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 作為定量標準品，使用蒸餾水 (ddH_2O) 製備序列濃度 (0、0.2、0.4、0.6、0.8、1 mg mL^{-1} Gallic acid) 所建立 ($r > 0.99$)，樣品以內插法分析，並以 equi. GA mg mL^{-1} oil 表示總酚含量。

還原力

分析方法依據 Oyaizu (1986) 發表的研究報告，如同我們先前的研究報告 (Hsieh *et al*. 2013)。標準曲線是使用標準品 trolox (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) 配製於甲醇中 0、0.2、0.4、0.6、0.8 mM ($r > 0.99$) 所建立，樣品以內插法分析，並以 equi. mM Trolox 表示還原力。

細胞試驗-細胞活力分析

細胞活力分析 (cell viability assay) 是以特定條件處理細胞群體，與空白對照組比較健康活細胞所占比例的差異，以瞭解不同處理對細胞生理的影響。原理是測定細胞代謝酵素活性變化，與空白對照組相同，表示處理無影響，若使活細胞數增加，表示處理有激活效果，反之則有毒害效果。本試驗依據 Garrido *et al*. (2004) 使用 BALB/c 小鼠 Raw264.7 細胞株，此為小鼠單核巨噬細胞白血病細胞，經過 Abelson 鼠白血病病毒誘導後，產生腫瘤組織分離得到的細胞株，由財團法人食品工業發展研究所生物資源保存及研究中心 (Bioresource Collection and Research Center, BCRC) 取得。使用溶劑二甲基亞碸 (dimethyl sulfoxide, DMSO, Sigma, Germany)，DMEM 培養基 (Dulbecco's Modified Eagle's Medium, Hyclone, Marlborough, MA, USA) 與胎牛血清 (Fetal Bovine Serum, FBS, Hyclone, Marlborough, MA, USA)、磷酸鹽緩衝液 (Gibco, Waltham, MA, USA)，Cell Counting Kit-8

(CCK-8, Dojindo, Kumamoto, Japan)，GlutaMAX (Gibco, Waltham, MA, USA)。處理細胞之油脂萃取物，萃取方法是以 100% 酒精 1 mL 與 0.4 mL 油脂充分混合後，以 16,200 × *g* 離心 20 min，取其上清液 (此為油脂中可溶於酒精的物質) 定義為 29% 萃取液，再以酒精稀釋成為 500、1,000、2,000 μL L^{-1} 濃度。細胞培養使用 DMEM 培養基含有 10% 胎牛血清、1% GlutaMAX 濃度於 37℃、5% CO_2 的培養箱中培養，每隔 2–3 d 更換一次培養基，以保持適當的環境和營養條件。當細胞增殖覆蓋達到 70–80%，進行細胞繼代培養。細胞活力測定，是將細胞培養至 3×10^4 mL^{-1}，接種在 96 孔盤上培養 48 h 之後，將細胞液吸除，更換培養基內含為不同乾燥條件油 (苦) 茶油萃取物，繼續培養 24 h 後，將 10% 的 CCK-8 添加到每個孔中，並在 37℃黑暗條件下再靜置 15–30 min，之後分析 450 nm 測量吸光值。使用以下方程式計算細胞活力，式中，A_0 為空白對照組的吸光度值，A_1 為試驗組的吸光度值。如前述，此油脂為保存於 4℃經過 16 個月儲放之材料。

$$細胞存活率 (Cell viability) \% = A_1/A_0 \times 100\%$$

結果

壓榨油產率

不同乾燥方法的油茶籽榨油率 (express ratio)，是以榨出油重量除以原料重量計算百分比率，產率 (yield) 則是除以使用重量的乾重 (減去水分重量)，結果列於表 1，顯示產率差異不大，約 34–35% 之間。

油脂品質-AV 與 POV

AV 是指 1 公克 (g) 油脂使用氫氧化鉀 (KOH) 之毫克 (mg) 數滴定達到中和點。高 AV 代表油脂中游離的脂肪酸含量高、油脂品質差，油 (苦) 茶油國家一級油標準 < 1.5 mg KOH g^{-1} oil，二級油 < 3.0 mg KOH g^{-1} oil。POV 是分析 1 kg 油脂中含有的毫當量過氧化物 (meq. peroxide)。POV 高代表油脂氧化程度高、品質差，油 (苦) 茶油國家一級油標準 < 6，二級油 < 10。圖 1 為 3 種不同乾燥方法的油茶籽壓榨油分析 AV 的結果，分析時間分別為榨油後放置 4℃冰箱 0、2 及 4 個月後，圖 2 為分析 POV 的結果。比較未經儲放的新鮮壓榨油，日曬籽的油脂品質最佳 (AV 0.3 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 0.9 ± 0.0 meq. peroxide kg^{-1} oil)，其次是熱風乾燥 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 1.6 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，均優於國家一級油標準，風扇法則較差 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 6.0 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，剛好達到國家一級油標準。經過 2 個月 4℃冰箱儲放後，熱風乾燥 (AV 0.6 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 1.9 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil) 的油脂品質最佳，其次是日曬籽 (AV 0.5 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 3.3 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，均仍達到國家一級油標準，風扇法最差 (AV 0.5 mg KOH g^{-1} oil、POV 13.7 ± 0.7 meq. peroxide kg^{-1} oil)，POV 已經低於國家二級油標準，不建議食用。經過 4 個月 4℃冰箱儲放後，熱風乾燥 (AV 0.9 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 2.1 ± 0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil) 的油脂品質最佳，仍達到國家一級油標準，其次是日曬籽 (AV 1.0 ± 0.0 mg KOH g^{-1} oil、POV 8.7 ±

表 1. 不同乾燥方法生產油茶籽之含水率及其榨油率與產率。

Table 1. Water contents[z] of camellia oil seeds with different drying methods and their express ratios and yields.

Drying method	Drying time	Seeds water content (wt.%)[y]	Express ratio (wt.%)	Yield (Dry base, wt.%)
Sun drying	16 d	5.5	32.5	34.4
Hot air	28 h	4.4	33.6	35.2
Air fan	30 h	7.8	32.1	34.8

[z] The water contents were determined on 22 April 2020 (one month before the oil seeds pressing).
[y] wt.: weight.

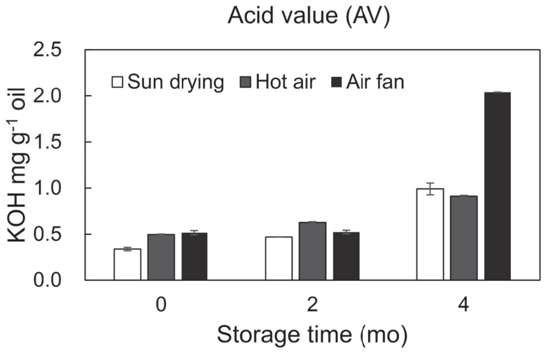

圖 1. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油酸價分析。

Fig. 1. Acid values (AV) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

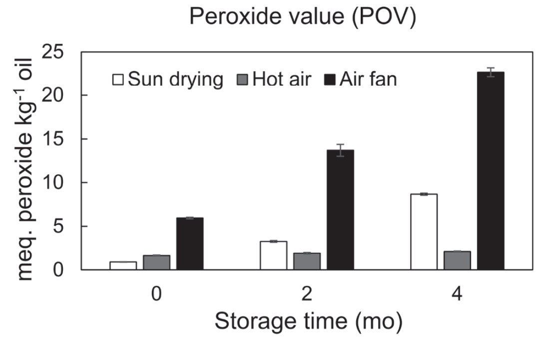

圖 2. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油過氧化價分析。

Fig. 2. Peroxide values (POV) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020) , respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

0.1 meq. peroxide kg^{-1} oil)，屬於國家二級油標準，風扇法最差 (AV 2.0 ± 0.1 mg KOH g^{-1} oil、POV 22.7 ± 0.5 meq. peroxide kg^{-1} oil)，POV已經遠低於國家二級油標準，不建議食用。

油脂總酚含量與還原力

天然植物油脂中的酚類化合物，雖屬微量成分，卻能有效提供抗氧化活性 (Singleton *et al*. 1999)。三種不同乾燥方法的新鮮壓榨油中，總酚含量分析結果列於圖 3，其高低依序為熱風法 (0.092 ± 0.003 equi. GA mg mL^{-1} oil)、風扇法 (0.069 ± 0.008 equi. GA mg mL^{-1} oil)、日曬法 (0.034 ± 0.004 equi. GA mg mL^{-1} oil)，隨著儲放於 4℃的時間增加而下降，原先含量高者，下降程度也高，但是 4 個月後的含量高低排序不變，依序為熱風法 (0.053 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)、風扇法 (0.050 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)、日曬法 (0.028 ± 0.001 equi. GA mg mL^{-1} oil)。

油脂還原力分析結果列於圖 4，新鮮壓榨油依高低順序排列為熱風法 (1.38 ± 0.03 equi. mM Trolox)，其次，風扇法 (0.54 ± 0.02 equi. mM Trolox) 與日曬法 (0.47 ± 0.03 equi. mM Trolox) 相近，經過 2 個月儲放於 4℃冰箱後，熱風法 (0.54 ± 0.01 equi. mM Trolox) 降至與新鮮陰乾、日曬壓榨油相近，陰乾和日曬已經下降至 0.2 equi. mM Trolox 以下。儲放 4℃冰箱 4 個月後，熱風法下降至新鮮油脂的 1/6 (0.21 ± 0.01 equi. mM Trolox)，風扇法與日曬法分別下降至新鮮油脂的 1/5 與 1/4，達到相近的數值 ~0.11 equi. mM Trolox。

OSI

以 Rancimat 方法分析測得 OSI，是目前生質柴油產品品質法定檢測標準之一，雖然尚未成為食用油脂的品質標準，但是可以提供油脂貯放耐受性的重要參考。本試驗採用 110、120、130℃高溫促使油脂加速氧化，並測定其

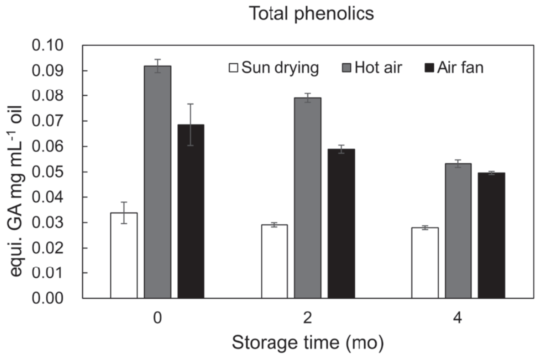

圖 3. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油總酚含量分析。

Fig. 3. Total phenols of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

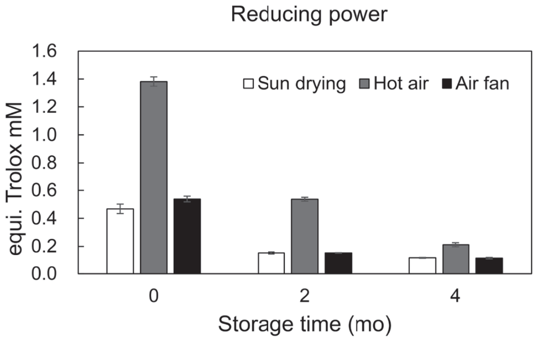

圖 4. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油還原力分析。

Fig. 4. Reducing powers of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 4-mo (in June, August, and October of 2020), respectively. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

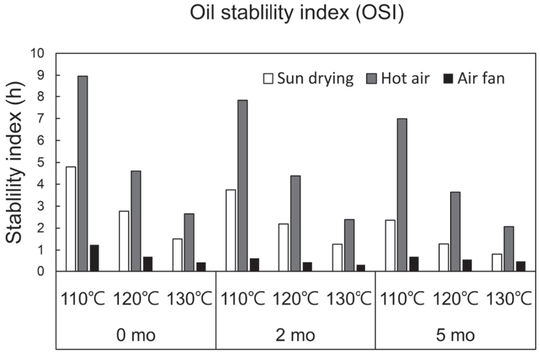

圖 5. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油油脂氧化安定指數分析。

Fig. 5. Oil stability indexes (h) of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 0-, 2- and 5-mo (in June, August, and November of 2020), respectively.

安定期 OSI (h)，分析結果列於圖 5，新鮮油脂 (A)、放置 4℃冰箱 2 個月 (B) 與 5 個月 (C)，新鮮油脂由高至低依序排列為熱風法 (9.0 h、4.6 h、2.7 h)、日曬法 (4.8 h、2.8 h、1.5 h)、風扇法 (1.2 h、0.7 h、0.4 h)；油脂氧化反應依循 Q10 原理，每升高 10℃化學反應加速 2 倍。放置 4℃冰箱 2 個月後，OSI 數值均降低，熱風法之 110℃條件為 7.8 h，120℃為 4.4 h，130℃為 2.4 h；日曬法之 110℃條件為 3.7 h，120℃為 2.2 h，130℃為 1.3 h；風扇法之 110℃條件為 0.6 h，120℃為 0.5 h，130℃為 0.3 h。放置 4℃冰箱 5 個月後，熱風法 OSI 數值降幅較小，110℃下為 7.0 h，120℃為 3.6 h，130℃為 2.1 h；日曬法與風扇法則大幅下降，110℃條件分別為 2.4 h、0.7 h，120℃為 1.3 h、0.6 h，130℃為 0.8 h、0.5 h。此結果顯示熱風法對抗油脂氧化的化學耐受性最高，日曬法居次，風扇法最差。

維生素 E 含量

植物油脂中含有豐富天然抗氧化劑維生素 E，分析結果呈現於圖 6，本試驗分析的壓榨油脂，是儲放於 4℃冰箱中 2 個月後 (2020 年 8 月)，以及 18 個月之後 (2021 年 12 月) 的材料，分析結果顯示油 (苦) 茶油的主要維生素 E 成分是以 α-tocopherol 為主，此結構亦為人

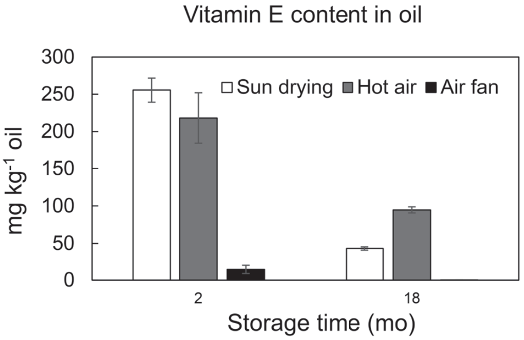

圖 6. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油維生素 E 含量分析。

Fig. 6. Vitamin E (α-tocopherol) contents of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed after stored at 4℃ for a period time of 2- and 18-mo (in October 2020 and December 2021), respectively. The analyses were conducted with duplication and the standard deviations shown as error bars.

體必需的維生素 E，其他結構成分含量甚低，並且非必需，因此本報告呈現 α-tocopherol 的含量。在 3 種油茶籽乾燥方法中，日曬法的 α-tocopherol 含量最高，儲放 2 個月的油脂含有 256 ± 16 mg kg^{-1}，其次是熱風法 218 ± 34 mg kg^{-1}，風扇法僅有 14 ± 6 mg kg^{-1}。儲放冰箱 18 個月之後，熱風法含量最高，仍有 95 ± 4 mg kg^{-1}，日曬法降至 43 ± 2 mg kg^{-1}，風扇法則無法測得。意即，在 18 個月的儲放過程

中，熱風法的 α-tocopherol 下降速度最慢；其次是日曬法，α-tocopherol 含量約為熱風法的一半；而原本含量最低的風扇法為零。

細胞活力試驗

動物細胞活力試驗常用於試驗特定物質是否有毒性或是研究生理機制，此試驗使用的油脂材料是放置於 4℃儲放 2 個月時分析，結果顯示於圖 7，油 (苦) 茶油的酒精萃取物，包含日曬法、熱風法、風扇法處理的種子壓榨油，均對此動物細胞無毒性反應。

討論

油 (苦) 茶油傳統製程是使用日曬法乾燥油茶籽，隨著科技進步，已發明各種種子脫水乾燥的加工方式。過去咸認乾燥的目的是要去除種子大部分的水分以提高榨油率，對於乾燥過程中種子產生的物理化學變化瞭解不多，且缺乏系統性的研究，因此對於不同乾燥過程生產的油茶籽壓榨油，少有品質、成分含量的相關分析，難以評估乾燥方法的優劣。對農民而言，傳統日曬法依賴陽光強度，且每日取出日曬、收油茶籽十分費時費工，但因不需要設備費用，所以仍是民間主要的使用方法，但若中途遇到連續陰雨天，油茶籽放在室內有遇潮發霉的風險，此時需使用風扇增加空氣對流加以改善。因此，久而久之也出現直接將油茶籽放在室內，以增加空氣強對流的方法乾燥，不再經過日曬。

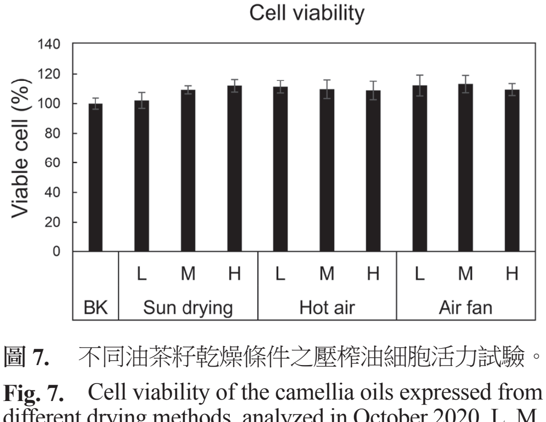

圖 7. 不同油茶籽乾燥條件之壓榨油細胞活力試驗。

Fig. 7. Cell viability of the camellia oils expressed from different drying methods, analyzed in October 2020. L, M, H represents 500, 1,000, 2,000 μL L^{-1} of the ethanol extract, respectively, from the oil stored at 4℃ for 2 yr and 4 mo. The analyses were conducted with triplication and the standard deviations shown as error bars.

本研究使用同一批原料，區分日曬法、熱風法及風扇法乾燥油茶籽，並分析評估含水率無法進一步下降時作為乾燥終點。據此分析顯示，熱風法 (55℃) 加熱效率最好，28 h 可以將含水率降至 4.4%，傳統日曬法雖然也可以降低含水率至 5.5%，但是耗時 16 d，風扇法 (室內風扇對流去除水氣) 僅能將含水率下降至 7.8%，耗時則是 30 h。坊間榨油廠使用的油籽原料含水率介於 6–10%，一般認為 7–8% 最理想，因為過低的含水率會造成產油率降低，本試驗由乾基計算的產率觀察 (表 1)，顯示這三種乾燥方法的壓榨油產量無明顯差異。榨油統一放置於 4℃冰箱保存，分析鮮榨、保存 2、4 個月後的油脂品質 (AV、POV)，以及機能性成分-酚類化合物總含量，代表生理活性的還原力 (抗氧化能力)，OSI 則於鮮榨、保存 2、5 個月時分析，並於儲放 2 個月與 18 個月 (儲放 1 年半時間) 後分析維生素 E 含量，並輔以分析對細胞活力之影響，以下綜合探討不同乾燥法對油脂品質與機能性成分的影響。

鮮榨油品質以日曬法最佳，熱風法耐儲放，風扇法快速劣化

整體顯示，鮮榨油的品質以日曬法最好，並且維生素 E (α-tocopherol) 含量最高，但是經過 4 個月儲放之後，AV 與 POV 快速上升，數值已經超過熱風法，熱風法在 4 個月儲放後仍維持國家一級油標準，日曬法降為二級油，風扇法則在儲放 2 個月後品質低於國家二級油標準，到達 4 個月後過氧化價超過 20 就不建議食用了。

油脂氧化安定性以熱風法最佳，日曬法居次，風扇法不耐高溫

油脂氧化安定性主要觀察 OSI，熱風法的安定性大約是日曬法的 2 倍、風扇法的 10 倍，若以油 (苦) 茶油運用於家庭料理方式評估，熱風法的油脂可以用於煎炒煮炸，風扇法則不

建議熱料理，僅能用於涼拌方式，以避免油脂遭遇高溫快速劣變。

機能性成分與生理活性以熱風法最佳

熱風法鮮榨油的總酚含量是風扇法的 1.3 倍、日曬法的 3 倍，還原力則是風扇法與日曬法的 2–3 倍。值得注意的是，風扇法的總酚含量大約是日曬法的兩倍，但是維生素 E (α-tocopherol) 含量，日曬法最高，是風扇法的 18 倍，而熱風法則是風扇法的 15 倍。特別在經過 18 個月儲放之後，熱風法的 α-tocopherol 含量成為最高，為日曬法的 2 倍。維生素 E 是油脂中主要抗氧化物質，在儲放 1 年半後，熱風法超過日曬法含量，說明熱風乾燥過程中的 28 h，種子有效產生 α-tocopherol 與其他抗氧化物質，可由油脂中有較高量的酚類化合物 (圖 3) 與還原力 (圖 4) 得到佐證。Bao *et al*. (2020) 發表阿拉伯芥與玉米生長過程中，遇到強光或高溫逆境時，均會增加維生素 E 的產生與蓄積，而油茶籽的傳統乾燥方式是日曬，推測種仁在此期間同時遭遇強光與高溫逆境因而大量增加維生素 E 的產生；熱風法則是短時間內遭遇高溫，也同樣產生高量維生素 E，另外此法亦產生 2 倍於日曬法的酚類化合物。因此，結合這兩類成分對油脂氧化安定性產生重要貢獻，可以增加油脂安定的時間、延長維持國家一級油的品質標準。此外，由細胞試驗分析 3 種乾燥法的油脂，經過 4℃儲放 2 個月時間時，其酒精萃取物處理細胞，均無產生毒害影響，顯示此 3 種乾燥方法處裡的壓榨油 (苦) 茶油對細胞之影響相近、無大差異。

一篇中國研究油茶籽乾燥條件對油 (苦) 茶油之品質影響報告，採用廣西壯族自治區森林研究所 (Guangxi Zhuang Autonomous Region Forest Research Institute, Wu *et al*. 2021) 的油茶籽進行試驗，其中包含日曬法與風扇法，日曬種子油產率為 33.15 ± 1.23%，陰乾種子油 34.29 ± 0.86%，與本研究結果 (表 1) 相近，另外，分析維生素 E (α-tocopherol) 含量，日曬種子油為 209 mg kg^{-1}，陰乾種子油為 156 mg kg^{-1}，前者與本研究的熱風法相近，後者則遠高於本研究分析的風扇法，由於文獻並沒有詳述乾燥細節，故難以深入探討產生此差異之原因。此外，該報告同時分析鯊烯 (squalene) 及植物固醇 (phytosterols) 含量，日曬種子油相較於陰乾種子油分別高出 1.25 及 1.5 倍，顯示日曬法在油脂機能性成分的含量上優於風扇法。

結論

油茶籽的乾燥條件差異確實會影響榨出油的品質，以及儲放期間的品質變化。整體分析比較顯示，傳統日曬種子油品質良好，但是較不耐儲放，熱風法可以有效提升酚類化合物含量，進而提高氧化安定性。然而，風扇法雖然也有豐富酚類化合物 (高於日曬種子)，但是對抗氧化 (還原力) 的貢獻小，並且儲放過程油脂品質快速下降，這可能與維生素 E 含量特別低有關 (對抗油脂氧化的關鍵成分)。因此，建議熱風法可以取代傳統日曬法，或者，若油茶籽採收後遇到晴朗天氣，可以先以日曬處理數日，之後以熱風乾燥縮短時間，如此將可兼顧油脂品質與儲放過程之氧化安定性，達到較理想的產品生產方式。

誌謝

本研究是由行政院農業委員會科技計畫 (109 農科-22.1.2-農-C2、110 農科-14.1.2-農-C2) 支持下完成。

引用文獻

Ajal, E. A., S. Chaji, S. Moussafir, R. Nejjari, A. Soulaymani, and A. Bajoub. 2021. Virgin olive oil phenolic compounds: Insights on their occurrence, health-promoting properties and bioavailability. *in*: Olive Oil-New Perspectives and Applications. (Akram, M., ed.) IntechOpen. London, UK. doi:10.5772/intechopen.98581

Bao, Y., M. Magallenes-Lundback, N. Deason, and D. DellaPenna. 2020. High throughput profiling of tocochromanols in leaves and seeds of Arabidopsis and Maize. Plant Methods 16:126. doi:10.1186/s13007-020-00671-9

Cicerale, S., L. Lucas, and R. Keast. 2010. Biological activities of phenolic compounds present in virgin olive oil. Int. J. Mol. Sci. 11:458–479. doi:10.3390/ijms11020458

Cinelli, G., M. Cofelice, and F. Venditti. 2020. Veiled extra virgin olive oils: Role of emulsion, water and antioxidants. Colloids Interfaces 4:38. doi:10.3390/colloids4030038

Edible camellia seed oil-national quality standard (CNS15827), date of announcement June 10, 2015, date of confirmation November 12, 2020.

Garrido G., D. González, Y. Lemus, D. García, L. Lodeiro, G. Quintero, C. Delporte, A. J. Núñez-Sellés, and R. Delgado. 2004. *In vivo* and *in vitro* anti-inflammatory activity of *Mangifera indica* L. extract (VIMANG®). Pharmacol. Res. 50:143–149. doi:10.1016/j.phrs.2003.12.003

Hsieh, C. M., J. C. Yang, Y. C. Chuang, E. I. C. Wang, and Y. L. Lee. 2013. Effects of roasting prior to pressing on the Camellia oil quality. J. Taiwan Agric. Res. 62:249–258. doi:10.6156/JTAR/2013.06203.05

Huang, R. C., H. C. Tso, C. Chu, and Y. L. Lee. 2017. Effects of roasting conditions on the functional components of sesame. J. Taiwan Agric. Res. 66:113–125. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR/2017.06602.04

Kris-Etherton, P. M. 1999. Monounsaturated fatty acids and risk of cardiovascular disease. Circulation 100:1253–1258. doi:10.1161/01.CIR.100.11.1253

Lampert, D. 1999. High-stability oils: What are they? How are they made? Why do we need them? p.238–246. *in*: Physical Properties of Fats, Oils and Emulsifiers. (Widlak, N., ed.) AOCS Press. Champaign, IL. 260 pp.

Lee, W. T., Y. L. Lee, Y. T. Tung, C. C. Wu, and G. C. Yen. 2019. The study of camellia oils from different process conditions for gastric health protection. J. Taiwan Agric. Res. 68:1–15. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR.201903_68(1).0001

Nawar, W. W. 1996. Lipids. p.225–319. *in*: Food Chemistry (Fennema, O. R., ed.) 3rd ed. Marcel Dekker. New York, NY. 1069 pp.

Oyaizu, M. 1986. Studies on product of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr. Diet. 44:307–315. (in Japanese) doi:10.5264/eiyogakuzashi.44.307

Sales-Campos, H., P. R. de Souza, B. C. Peghini, J. S. da Silva, and C. R. Cardoso. 2013. An overview of the modulatory effects of oleic acid in health and disease. Mini. Rev. Med. Chem. 13:201–210.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16:144–158.

Singleton, V. L., R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Meth. Enzymol. 299:152–178. doi:10.1016/S0076-6879(99)99017-1

Wang, R.Y, Y. T. Tung, S. Y. Chen, Y. L. Lee, and G. C. Yen. 2019. Protective effects of camellia oil (*Camellia brevistyla*) against indomethacin-induced gastrointestinal mucosal damage *in vitro* and *in vivo*. J. Funct. Foods 62:103539. doi:10.1016/j.jff.2019.103539

Wu, J., X. Fan, X. Huang, G. Li, J. Guan, X. Tang, M. Qiu, S. Yang, and S. Lu. 2021. Effect of different drying treatments on the quality of *Camellia oleifera* seed oil. S. Afr. J. Chem. Eng. 35:8–13. doi:10.1016/j.sajce.2020.10.003

Zhong, H., D. R. Bedgood Jr., A. G. Bishop, P. D. Prenzler, and K. Robards. 2007. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. Food Chem. 100:1544–1551. doi:10.1016/j.foodchem.2005.12.039

Influence of Drying Methods of Camellia Seeds on the Quality and Bioactive Ingredients of the Pressed Oils

Ya-Lin Lee[1,*], Wei-Ting Liu[2], Tzu-Huan Hung[2], Su-Yue Lin[3], Yi-Han Ho[3], Ying-Fu Lee[4], Chia-Hua Chang[3], Chiu-Hua Chen[3], and Pei-Jung Chang[3]

Abstract

Lee, Y. L., W. T. Liu, T. H. Hung, S. Y. Lin, Y. H. Ho, Y. F. Lee, C. H. Chang, C. H. Chen, and P. J. Chang. 2023. Influence of drying methods of camellia seeds on the quality and bioactive ingredients of the pressed oils. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):39–48.

The seeds of *Camellia brevistyla*, an indigenous Taiwanese camellia tree, were collected for the study of three different drying methods, including sun drying, hot air and air fan indoor to reduce moisture. The resulting seeds were roasted and then screw pressed to produce oils. The oil quality was monitored with acid value and peroxide value analyses, the bioactive ingredients with total phenolics and vitamin E content analyses, and the bioactivity with reducing power evaluation. The oil stability index (OSI) was determined to evaluate the storage and cooking stability. Summarily, the fresh oil made of sun drying seeds possessed the highest quality. However, its storage stability was lower than the hot air dried seeds' oil. The hot air treatment effectively increased the total phenolics and elevated the oil storage stability. Nevertheless, air fan indoor drying method could have higher total phenolics than the sun drying seeds, but its oil quality declined rapidly during the storage period; it was probably related to the low content of vitamin E. This study suggests that the hot air drying method could replace the traditional sun drying method, or the sun drying treatment prior to the hot air drying which could shorten the drying time and provide both good oil quality and better oxidation stability.

Key words: *Camellia brevistyla* seed, Oil seed drying method, Oil quality, Bioactive ingredients, Oil oxidative stability.

Received: September 13, 2022; Accepted: November 16, 2022.
[*] Corresponding author: ylleet@tari.gov.tw
[1] Research Fellow, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[2] Assistant Research Fellows, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[3] Project Assistants, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.
[4] Technician, Biotechnology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):49–61 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0005

研究報告

比較分離自葡萄園之 *Colletotrichum* spp. 菌株對葡萄之致病力

林筑蘋[1,*] 蔡志濃[2] 安寶貞[3] 陸明德[4]

摘要

林筑蘋、蔡志濃、安寶貞、陸明德。2023。比較分離自葡萄園之 *Colletotrichum* spp. 菌株對葡萄之致病力。台灣農業研究 72(1):49–61。

比較所蒐集之不同分離來源的 *Colletotrichum* spp. 菌株對「巨峰」葡萄 (*Vitis vinifera* × *V. labrusca*, 'Kyoho') 致病力 (virulence)，在離果的葡萄果粒的接種試驗結果顯示 (*in vivo*)，*Colletotrichum viniferum* 致病力最強，無論果粒有或無傷口，皆可造成顯著且大範圍之晚腐病病斑，且葡萄果分離株致病力有大於葉分離株的趨勢；*Colletotrichum fructicola* 次之，有趣的是，分離自葡萄園內的牛筋草 (*Eleusine indica*) 分離株致病力高於葡萄果或葉分離株；*Colletotrichum tropicale* 致病力最低，本研究中的菌株都需要藉由傷口才能感染果粒。另以 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 進一步做病原性測試，在田間葡萄幼果的接種試驗中 (*in planta*)，以 *C. fructicola* 菌株接種的果串在轉色後皆能成功發展出晚腐病病徵，其中牛筋草分離株接種的果串發病率以及病徵表現皆高於葡萄分離株的，而以 *C. tropicale* 接種的果串則未觀察到晚腐病的病徵；在接種葡萄全植株的試驗中，無論哪個菌株接種後的植株葉片或其他部位皆無出現明顯病徵。本研究為 *C. fructicola* 在台灣感染葡萄之首篇報導，同時確認 *C. fructicola* 可感染牛筋草，造成牛筋草水浸狀與褐化，進一步推論 *C. fructicola* 在田間可以牛筋草為替代寄主 (alternative host)，並可能在葡萄葉片上腐生，伺機感染葡萄果實，直至轉色期前後開始危害葡萄果實造成晚腐病。

關鍵詞：葡萄晚腐病、*Colletotrichum viniferum*、*Colletotrichum fructicola*、*Colletotrichum tropicale*、致病力。

前言

葡萄晚腐病 (grape ripe rot) 為影響葡萄 (*Vitis* sp.) 產業最重要的病害之一。全球各區域引發葡萄晚腐病的主要病原菌種類不一，透過多重序列親緣關係分析 (multi-gene phylogenetic analysis) 確認至少包括 10 個種，包括 *Colletotrichum aenigma* B. S. Weir & P. R. Johnst. (Yan *et al*. 2015)、*Colletotrichum citri* F. Huang, L. Cai, K. D. Hyde & Hong Y. Li (Lei *et al*. 2016)、*Colletotrichum fructicola* Prihast., L. Cai & K. D. Hyde (Peng *et al*. 2013; Echeverrigaray *et al*. 2020; Lim *et al*. 2020)、*Colletotrichum godetiae* Neerg. (Zapparata *et al*. 2017)、*Colletotrichum hebeiense* Xing H. Li, Y. Wang, K. D. Hyde, M. Jayaward. & J. Y. Yan (Yan *et al*. 2015)、*Colletotrichum karstii* Y. L. Yang, Zuo Y. Liu, K. D. Hyde & L. Cai、*Colletotrichum kahawae* J. M. Waller & Bridge、*Colletotrichum limitticola* (R.E.Clausen) Damm, P.F.Cannon & Crous、*Colletotrichum nymphaeae* (Pass.) Aa (Echeverrigaray *et al*. 2020)，以及 *Colletotrichum viniferum* L. J. Peng, L. Cai, K. D. Hyde & Zi Y. Ying (Peng *et al*. 2013; Lei *et al*. 2016; Oo & Oh 2017; Echeverrigaray *et al*. 2020; Gao *et al*. 2020; Yokosawa *et al*. 2020) 等，分屬於 *Colletotrichum gloeospori-*

投稿日期：2022 年 10 月 11 日；接受日期：2022 年 11 月 24 日。
[*] 通訊作者：cplin@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。
[2] 農委會農業試驗所植物病理組研究員兼組長。台灣 台中市。
[3] 農委會農業試驗所植物病理組前研究員兼組長。台灣 台中市。
[4] 農委會農業試驗所作物組助理研究員。台灣 台中市。

oides 複合種 (species complex)、*Colletotrichum acutatum* 複合種以及 *Colletotrichum boninense* 複合種等。

在台灣，Duan & Chen (2020) 透過多序列分析比對可知 *C. viniferum* 與 *Colletotrichum tropicale* E. I. Rojas, S. A. Rehner & Samuels 能造成葡萄晚腐病。Lin *et al*. (2022) 透過分析以 5 種基因或序列組合成的多重序列親緣關係樹 (包含internal transcribed spacer、glyceraldehyde-3-phosphatedehydrogenase、actin、beta-tubulin 2 以及 chitin synthase 1 等)，確定在罹染晚腐病的葡萄果上可分離得 3 菌種，按照分離頻率由高到低為 *C. viniferum*、*C. fructicola* 以及 *C. tropicale* 等。Lin *et al*. (2022) 亦確認*C. viniferum*可分為次支序 (subclade) C 與 T，以次支序 T 為目前造成台灣葡萄晚腐病的主要種類，且特別的是，證實 *C. viniferum* 在田間可同時感染葉片與果實。另外，*C. fructicola* 與 *C. tropicale* 亦有文獻指出可感染葡萄果實，其中 *C. fructicola* 為中國大陸、韓國及巴西等地引起晚腐病的重要病原之一 (Peng *et al*. 2013; Duan & Chen 2020; Echeverrigaray *et al*. 2020; Lim *et al*. 2020)。

除了罹染晚腐病的葡萄果外，Lin *et al*. (2022) 亦自罹病幼果或枝條，或者葡萄園區內出現褐色水浸狀病徵的牛筋草 (*Eleusine indica*) 等不同組織與寄主分離得上述 *C. viniferum*，*C. fructicola* 以及 *C. tropicale* 等 3 菌種。為確認以上不同來源的菌株或菌種是否對葡萄具病原性 (pathogenicity) 可感染葡萄，並比較各菌株間致病力 (virulence) 強弱，本研究以成熟的葡萄果粒 (*in vivo*) 為測試材料比較各菌株的致病力，且在田間透過接種發育中的幼果與溫室的植株確認病害發展狀況 (*in planta*)，並證實 *C. fructicola* 可感染牛筋草，確認 *C. fructicola* 對牛筋草的病原性。

材料與方法

菌株培養

使用的菌株共 21 株，包括各分離自葡萄不同部位或葡萄園區牛筋草，分別屬於 *C. viniferum*、*C. fructicola*，或者 *C. tropicale* 等，菌株詳細資料見 Lin *et al*. (2022)。菌株以馬鈴薯葡萄糖瓊脂 (potato dextrose agar; PDA) 斜面試管培養，放置於 12 h 光週期，24–26℃，10–14 d 後，以無菌水刮取培養基表面蒐集分生孢子，並以 8 層紗布過濾之，最終製備成 1 × 10^6 分生孢子/mL 之懸浮液。

果粒接種與量測

供試葡萄為「巨峰」品種 (*Vitis vinifera* × *V. labrusca*, ‘Kyoho’)。果串以 20 ppm 次氯酸水漂洗 3 次後，將果粒連同蒂頭剪下，並分為無傷痍處理或以 10 針一束之蟲針輕刺果粒表面 10 下之傷痍處理。菌株各取 10 uL 分生孢子懸浮液並各別滴於成熟之果粒上，為保濕並固定孢子懸浮液，再覆蓋 10 uL 之 40℃左右之 1% 洋菜膠。接種後的果粒放於保鮮盒中並保濕使相對濕度 (relative humidity; RH) > 90%，置於 24–28℃無光照之生長箱，7 d 後測量出現晚腐病病徵的病斑之長與寬，取平均作為病斑大小之直徑。晚腐病病徵包括接種處表面出現水浸狀且果肉腐爛。對照組以無菌水取代懸孢子浮液。每菌株或對照組個別接種 5 粒果粒，試驗重複 2 或 3 次。

病原性測試

供試菌株之分生孢子懸浮液製備方式如上，並加入稀釋 10,000 × 之展著劑 (加收活展；興農股份有限公司，台灣台中市)。

田間幼果接種：2018 年秋季時於台中后里區果園，供試植物為葡萄「巨峰」品種結果 1 mo 內之果串，將仍掛果發育中的果串浸泡入分生孢子懸浮液中 10 s，以葡萄專用套袋之白色紙袋封緊果串，直至果實轉色成熟，約需 1.5 mo，期間持續觀察供試果串病徵表現。對照組以無菌水取代孢子懸浮液。每菌株或對照組個別接種 7 串以上。試驗重複 1 次。

盆栽植株接種：於溫室內，供試植物為「巨峰」葡萄，經催芽 2 mo，待高度約 110–150 cm、具葉片與嫩梢植株後，種植於盆栽中。將分生孢子懸浮液噴霧噴灑全植株直至水滴滑落。以透明塑膠袋使保濕，為使植株能透氣但又能維持高相對濕度 (透明塑膠袋內側仍有水珠)，靠近植株頂端的塑膠袋 2 個角落各剪 1 條長介於 5–7 cm 的開口。接種後植株置入 28℃、12 h 光週期的走入式生長箱。正對照組

使用的菌株為 F217069，負對照組以無菌水取代孢子懸浮液。每處理或正負對照組共 5 盆。試驗重複 2 次。

牛筋草接種：自農業試驗所草坪採集牛筋草之葉片，先以水清洗，再以 75% 酒精擦拭，並分為無傷痍處理，或以 10 針一束之蟲針輕刺葉表 6 下之傷痍處理。以棉花浸泡於分生孢子懸浮液 (本試驗分生孢子懸浮液調整為 2.5 × 10^4 孢子/mL) 至少 5 min 後，約取 1 cm^3 的棉花作為接種源，放置於接種點上。接種後之牛筋草葉片放於保鮮盒中並保濕使 RH > 90%，放置於 24–28℃，3 d 後觀察。每菌株或對照組個別接種 5 片葉片，試驗重複 2 次。接種後，如出現病徵，罹病組織經組織分離確認分得相同特徵之菌株才算發病成功，完成柯霍氏法則。

分生孢子、壓器測量與生長觀察

供試菌株以平板 PDA 培養，放置於 12 h 光週期，24–26℃，7 d。以上述方式收集分生孢子懸浮液後觀察與測量 50 個分生孢子之形態。為觀察壓器 (appressorium，又稱「附著器」)，將分生孢子懸浮於 0.5% V8 上後，滴在玻璃載玻片上並保濕，黑暗培養，24–26℃，48 h 後，觀察與測量 50 個壓器。菌絲生長量測方式為菌株在 PDA 上黑暗培養 3–5 d 後，切下菌落邊緣之新鮮菌塊，移植於 PDA 培養基的邊緣，放置於 4–40℃ (以 4℃為間距，共 10 個溫度)，每個溫度下每菌株每次測試 3 皿，即 3 重複，測試不同溫度下菌絲生長速率。每日記錄菌絲直線生長距離，部分溫度下於 10 d 即長滿培養基，故測量 1–9 d 的生長數據，每皿每日生長速率計算方法為 (生長滿 9 d 距離 – 生長滿 1 d 距離) cm/8 d (單位：cm d^{-1})，取 3 重複數之平均值代表該菌株。試驗重複 3 次。

結果

各菌種致病力測試 (*in vivo*)

為量測各菌株造成之病斑大小，本試驗採固定接種點方式將菌株各別接種於離果之果粒上，並為瞭解傷口的影響性，果粒分為經傷痍處理與無傷痍處理。以離果接種的結果如圖 1。果粒沒有傷痍處理下，以 *C. viniferum* 次支序 C 接種，計 1 株造成之平均病斑大小為 1.5 cm ± 0.1 cm；以 *C. viniferum* 次支序 T 接種，葡萄葉分離株共 3 株造成之平均病斑大小為 0.9 cm ± 0.3 cm，葡萄果分離株中除 1 菌株 F217153 幾乎不造成病斑外，另 6 個葡萄果分離株造成之病斑大 (平均病斑大小為 1.6 cm ± 0.2 cm) 且病徵明顯，葡萄果分離株共 7 株造成之平均病斑大小為 1.3 cm ± 0.3 cm；以上 *C. viniferum* 計 11 菌株 (包含次支序 C 與 T 菌株) 之平均病斑大小為 1.2 cm ± 0.2 cm；以 *C. fructicola* 接種，其中 5 葡萄分離株不造成病徵，1 牛津草分離株 F216037 造成之平均病斑大小為 0.3 cm ± 0.1 cm，*C. fructicola* 計 6 菌株平均病斑大小為 0.1 cm ± 0.1 cm；以 *C. tropicale* 接種，3 菌株不造成病徵，1 菌株造成之平均病斑大小為 0.1 cm ± 0.1 cm，*C. tropicale* 計 4 菌株造成之平均病斑大小為 0.0 cm ± 0.0 cm。果粒經傷痍處理下，本研究之 21 菌株皆可造成程度不一之病斑；以 *C. viniferum* 次支序 C 接種，計 1 菌株造成之平均病斑大小為 1.9 cm ± 0.2 cm；以 *C. viniferum* 次支序 T 接種，葡萄葉分離株共 3 株造成之平均病斑大小為 1.6 cm ± 0.1 cm，葡萄果分離株共 7 個葡萄果分離株造成之平均病斑大小為 2.2 cm ± 0.1 cm；以上 *C. viniferum* 計 11 菌株之平均病斑大小為 2.0 cm ± 0.1 cm；以 *C. fructicola* 接種，以牛津草分離株 F216037 接種造成的平均病斑最大，*C. fructicola* 計 6 菌株造成之平均病斑為 1.1 cm ± 0.2 cm；以 *C. tropicale* 接種，計 4 個菌株造成之平均病斑為 0.9 cm ± 0.2 cm。出現病徵的果實再次以組織分離皆可回分得相同特徵的菌株，對照組皆未有明顯晚腐病病徵。

幼果與植株接種 *C. fructicola* 或 *C. tropicale* 之結果 (*in planta*)

在 Lin *et al.* (2022) 中已確認 *C. viniferum* 在幼果與植株上之病原性，為釐清 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 之病原性，進行以下病原性測試。

田間幼果

為確認所分離之 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 菌株是否能在田間感染原始寄主，將菌株

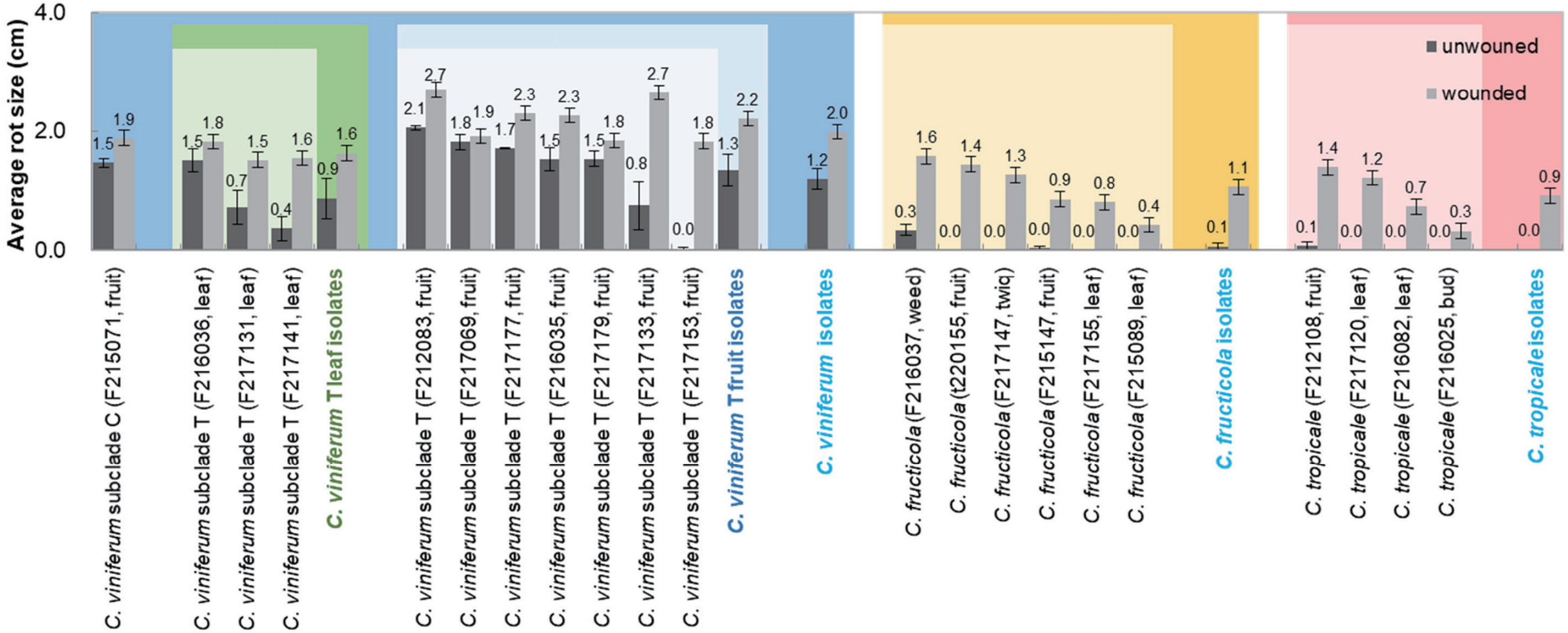

圖 1. *Colletotrichum* spp. 對葡萄果粒致病力測試 (*in vivo*)。

Fig. 1. *In vivo* pathogenicity test result of *Colletotrichum* spp. on detached grapes. The suspensions of each isolate were adjusted to 1 × 10^6 conidia mL^{-1}, and 10 uL of the suspension were dropped on unwounded or wounded grapes (cultivar: 'Kyoho') each time and covered by 1% agar, and then kept in dark and relative humidity (RH) > 90% for 7 d. Diameter means the average of length and width of each spot (n = 5), and the average diameter of 2 to 3 repeats was presented. Bar = standard error.

接種於田間發育中之葡萄幼果。在 *C. fructicola* 方面，選擇葡萄葉分離株 F215089、葡萄果分離株 F215147，以及在致病力測試中有較高毒力的牛筋草分離株 F216037；在 *C. tropicale* 方面，選擇葡萄果分離株 F212108 與葡萄枝條芽點分離株 F216025 為供試菌株。結果顯示，接種以 *C. fructicola* 葡萄果分離株 F215147 (圖 2A) 與葡萄葉分離株 F215089 者 (圖 2B)，發病率低且發病的果粒常伴隨裂果等傷口；接種牛筋草分離株 F216037 者，於接種 1 mo 後接近幼果轉色時即可觀察到病斑呈現塊狀或網狀 (圖 2C、D)，幼果轉色後病斑逐漸變褐色，於果實成熟後出現典型晚腐病病徵，嚴重感染者果皮表面下出現白色至橘色之菌絲 (圖 2E)。發病的果實皆可再回分得相同特徵的菌株，完成柯霍氏假說；對照組與以 *C. tropicale* 菌株 F212108 (圖 2F) 或 F216025 接種的果串直至成熟後皆不會產生晚腐病病徵。

植株感染

供試菌株與上述田間幼果之接種菌株相同，包括 *C. fructicola* 葡萄葉分離株 F215089、葡萄果分離株 F215147，以及牛筋草分離株 F216037，*C. tropicale* 葡萄果分離株 F212108 與葡萄芽點分離株 F216025，另加入 *C. viniferum* F217069 作為正對照組。接種 2 wk 後，除 *C. viniferum* F217069 接種的植株出現葉片斑點、褐化及腐爛等病徵外 (Lin *et al*. 2022)，其他 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 之各菌株接種的植株，包括 *C. fructicola* 葡萄葉分離株 F215089 (圖 3)，在枝條與葉片上皆沒有產生病徵，與負對照組相似。

C. fructicola 牛筋草分離株 F216037 接種牛筋草

為了確認分離自牛筋草之 *C. fructicola* 分離株 F216037 是否對牛筋草具病原性，將其分生孢子懸浮液接種在經傷痍處理之牛筋草上。經 3 d 後觀察，相較於對照組在傷口處出現僅有小範圍黃暈，處理組在接種處出現較大範圍的褐化水浸狀的腐爛 (圖 4)。無傷痍處理之接種點則處理組與水處理之對照組相似，於接種後 5 d 出現類似生理性之黃化，視為不發病。罹病組織經組織分離可得相同特徵之菌株，完成柯霍氏法則，確認 *C. fructicola* 可感染牛筋草。

菌株特徵與生理特性

在 Lin *et al*. (2022) 中已闡述 *C. viniferum* 菌株特徵與生理特性，本研究針對 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 代表菌株瞭解其在培養基上之特徵。

C. fructicola，以 F216037 為代表描述其特徵如下：菌落似綿狀 (cottony) 中央為灰綠色，外圍為灰色到灰綠色，氣生菌絲生長微蓬鬆，菌落背面可看到帶淡黃至橘色 (圖 5A)；分生孢子透明，長橢圓形 (cylindrical)，兩端圓鈍，具明顯液胞，長度 × 寬度為 10.9–12.4–14.6 × 4.2–4.9–6.2 μm (min.–avg.–max.)，長寬比為 2.1–2.5–3.3 (圖 5B)；壓器為灰綠色到褐棕色之間，為不規則的卵狀 (irregular ovoid) 或棍棒狀 (clavate) 邊緣為圓鋸齒狀 (crenate)，長度 × 寬度為 7.3–9.1–11.5 × 4.5–6.0–7.8 μm (最大 – 平均 – 最小) (圖 5C)。F215147 菌株與 F216037 相比雖然分生孢子較小，且 F215147 菌株菌絲最適生長溫度為 24℃，而 F216037 為 28℃，但其他特徵相似，包括菌落特徵相似，4℃以下以及 40℃以上無法生長 (表 1)。

C. tropicale，以 F212108 為代表描述其特徵如下：菌落為淡橘色到橘色，上覆白色氣生菌絲 (圖 5D)。分生孢子透明，長橢圓形 (cylindrical)，兩端鈍圓，液胞明顯，長度 × 寬度為 12.3–13.4–15.1 × 4.5–5.2–5.6 μm，長寬比為 2.2–2.6–3.3 (圖 5E)；壓器為灰綠色到褐棕色之間，多數為不規則的卵狀，邊緣為圓鋸齒狀，長度 × 寬度為 8.4–10.3–15.1 × 5.6–7.3–10.1 μm (圖 5F)。F216025 菌株特性與 F212108 相比分生孢子較小，且 F216025 菌株菌絲最適生長溫度為 24℃，而 F212108 為 28℃，但菌落特徵相似，且都於 4℃以下以及 40℃以上無法生長 (表 1)。

討論

Colletotrichum spp. 對葡萄之致病力

本研究 *C. viniferum* 次支序 C 的菌株僅蒐集得 1 株，在果實無論有無傷痍處理下皆具強

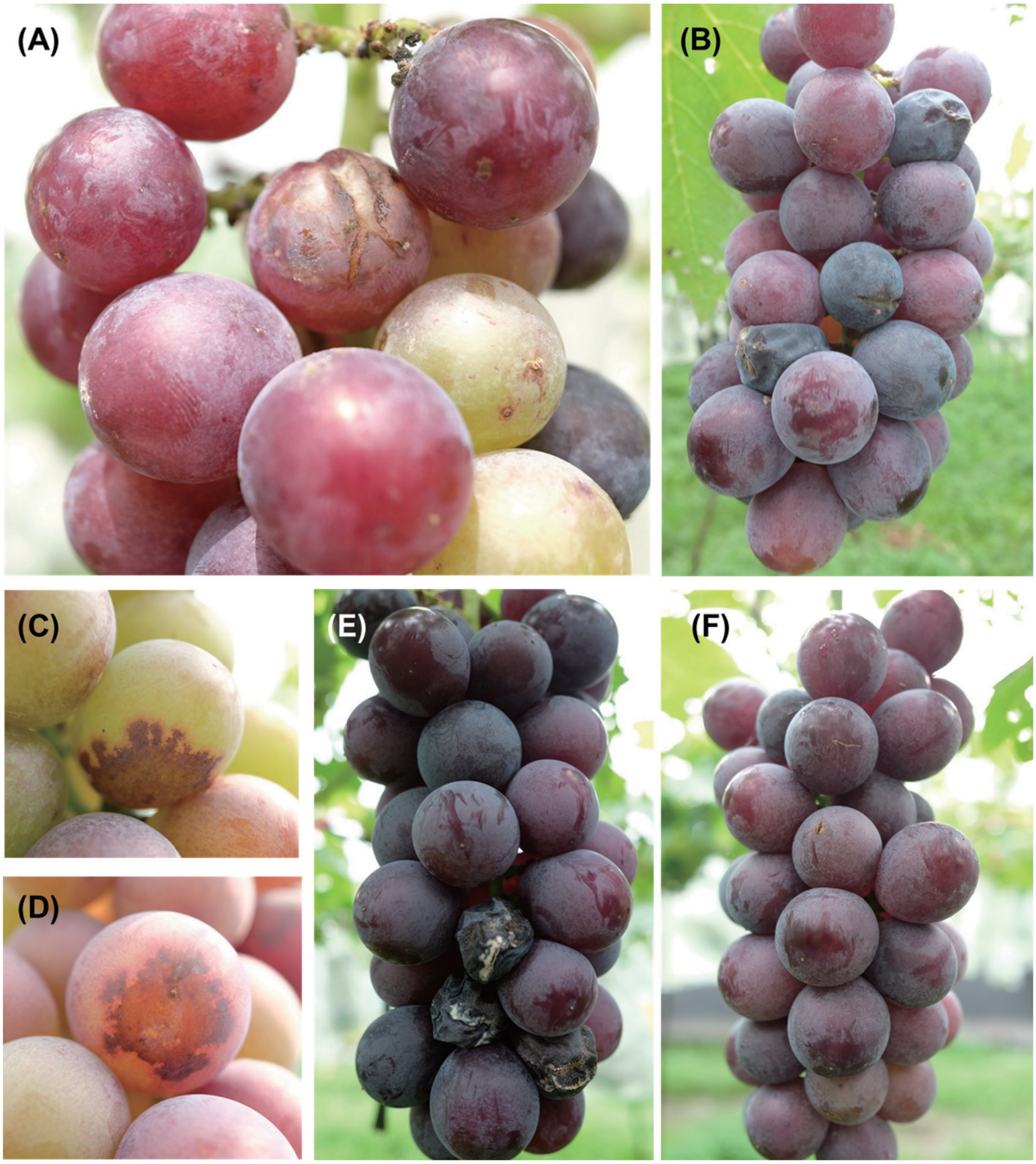

圖 2. 田間葡萄幼果以 *Colletotrichum fructicola* 菌株 (A) F215147、(B) F215089 以及 (C–E) F216037 接種後，果實成熟過程中形成之病徵。以 *C. tropicale* 菌株 F216025 與 F212108 接種者如同水處理之 (F) 負對照組不產生病徵。

Fig. 2. Symptoms of grape fruits (cultivar: 'Kyoho') inoculated by *Colletotrichum fructicola* isolate (A) F215147, (B) F215089 and (C–E) F216037 and (F) water *in planta*. The 1-month-old grape berries in the orchard were inoculated *in planta* with the conidia spore suspension (1×10^6 conidia mL^{-1}) of the isolates. After veraison, typical symptoms of grape ripe rot appeared on the berries inoculated with these *C. fructicola* isolates but not with *Colletotrichum tropicale* isolates F216025 and F212018.

圖 3. 溫室葡萄植株以 *Colletotrichum fructicola* 葡萄葉分離株 F215089 接種後不產生病徵。

Fig. 3. No obvious symptoms were found on the grape plants (cultivar: 'Kyoho') at 7 d after inoculating with *Colletotrichum fructicola* isolate F215089, which isolated from rotten grape leaf, or any of the isolates, including *C. fructicola* grape fruit isolate F215147, goose weed isolate F216037 and *C. tropicale* grape fruit isolate F212108 and grape bud isolate F216025. The potted plants were inoculated with the conidial suspension (1 × 10^6 conidia mL^{-1}) and then were kept in 28℃ and high humidity condition (relative humidity; RH > 85%).

烈病原性。屬次支序 T 的 10 菌株中，在果實無傷痍處理下僅少數菌株造成的病斑較小，多數菌株皆能造成明顯的病斑，而在果實傷痍處理下 10 菌株皆造成明顯病斑，顯示具有強烈病原性。因為本研究蒐集得之 *C. viniferum* 次支序 C 菌株數量少而無足夠代表性，無法直接定論與次支序 C 與 T 病原性高低差異，但可確定 *C. viniferum* 對葡萄皆具強烈病原性。

在中國、日本與巴西等地的試驗研究顯示，*C. viniferum* 平均致病力較 *C. aenigma*、*C. hebeiense*、*C. perseae*、*C. fructicola*、*C. gloeosporioides sensu stricto*、*C. kahawae* 與 *C. nymphaeae* 等菌種對葡萄果實具更高的病原性 (Yan *et al*. 2015; Yokosawa *et al*. 2020)。但 Echeverrigaray *et al*. (2020) 研究顯示，部分 *C. fructicola* 菌株可與 *C. viniferum* 菌株有差不多或更高的致病力。本研究使用分離自台灣葡萄上的不同菌種比較在離果上造成的病斑大小，從結果可知，*C. viniferum* 對葡萄果粒致病力最強，*C. fructicola* 次之，*C. tropicale* 病原性最低。

由本研究與上述研究顯示，*C. viniferum* 對葡萄果粒的致病力普遍較其他菌種高，且從對葉片感染力亦較 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 等菌種高 (Lin *et al*. 2022 與圖 3)，對葡萄產業極具威脅。

C. viniferum 不同分離來源致病力差異

C. viniferum 次支序 T 中，無論在果粒有無傷痍處理下，葡萄果分離株 (共 7 株) 造成之平均病斑大小皆大於葡萄葉分離株 (共 3 株) (圖 1)。即使在果粒無傷口下分離自果粒的菌株 F217153 幾乎不形成病徵，致病力弱於其他葡萄葉分離株，但在果粒有傷口時，F217153 菌株造成典型晚腐病病徵，其病斑或大或相似於其他葡萄葉分離株。本研究亦取得分離自不同部位之 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 菌株，但數量較少代表性不足不易看出趨勢。

本試驗亦顯示傷口為 *Colletotrichum* spp. 重要的感染條件，對 *C. viniferum* 與 *C. fructicola* 而言可增加致病力；對 *C. viniferum* 部分菌株 (如 F217153)，以及尤其是對 *C. tropicale* 本研究中使用的 4 菌株而言，更為感染時不可或缺的條件，果粒無傷口下幾乎不形成病徵，果粒出現傷口下才能發展病徵。

C. fructicola 可能的田間感染生態

經由離果接種可知，本研究的 *C. fructicola* 葡萄果分離株 F215147 與其他葡萄枝條或葡萄葉分離株等，需要藉由傷口才能在果粒上造成明顯病徵，而牛筋草分離株 F216037 則不需藉由傷口即可造成感染 (圖 1)。在田間接種試驗

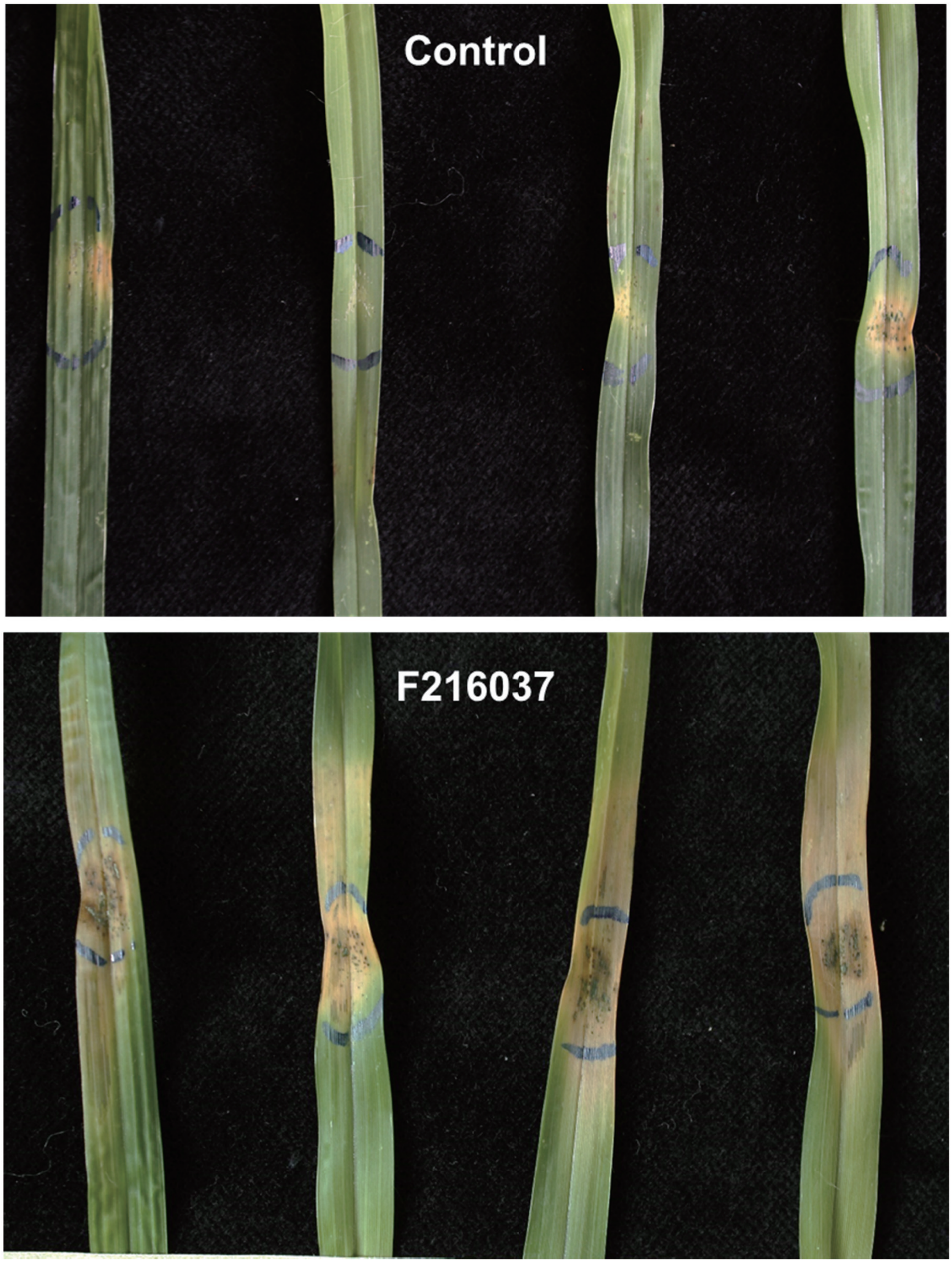

圖 4. *Colletotrichum fructicola* 菌株 F216037 感染牛筋草之病原性測試。

Fig. 4. *In vivo* pathogenicity test result of *Colletotrichum fructicola* isolate F216037 on detached leaves of goosegrass (*Eleusine indica*).The approximately 1 cm^3 cotton mats were soaked in the conidial suspension (2.5×10^4 conidia mL^{-1}) as inocula, placed on the wounded inoculation sites, and kept in dark with relative humidity (RH) > 90% for 3 d. This experiment was conducted twice with similar results.

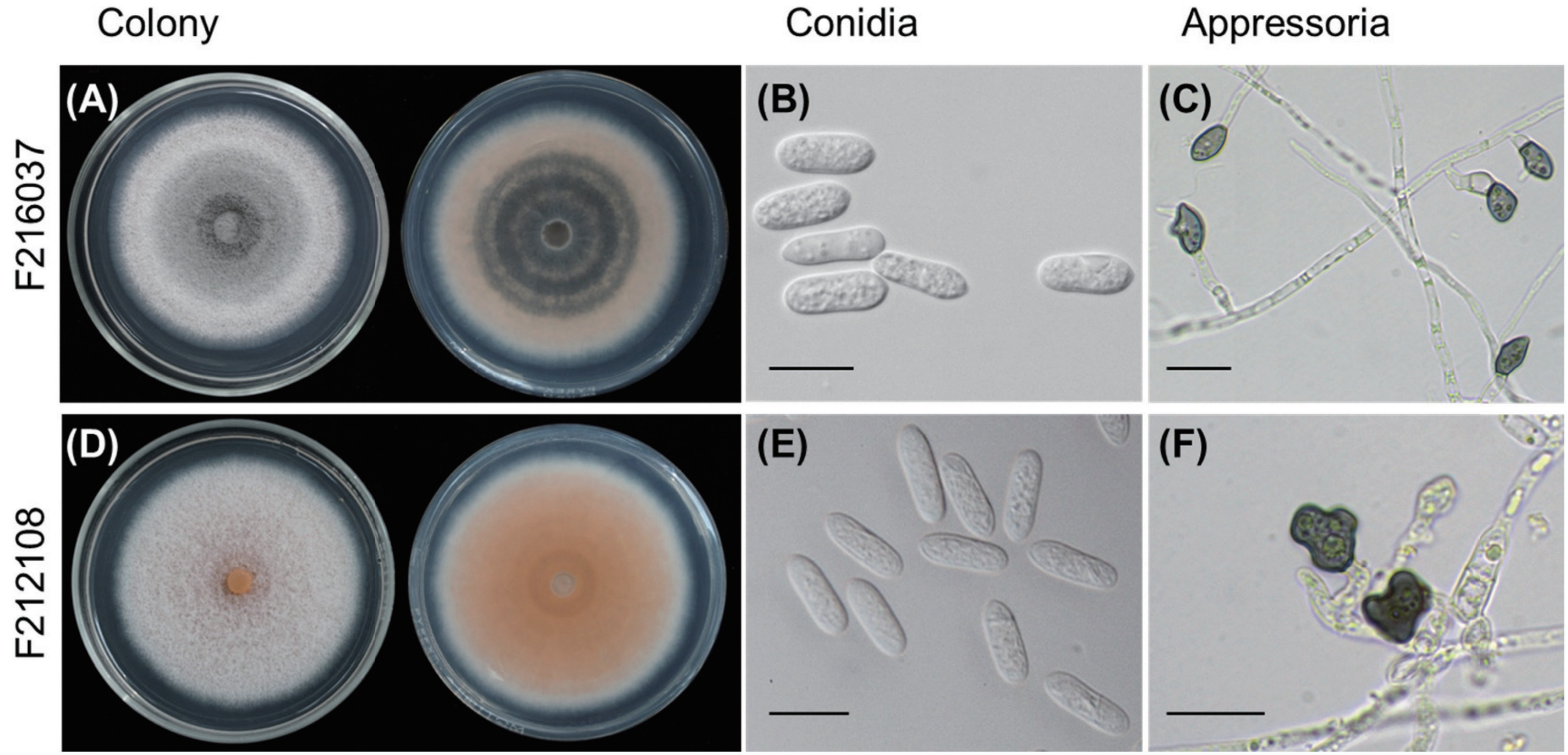

圖 5. *Colletotrichum fructicola* 菌株 F216037 與 *Colletotrichum tropicale* 菌株 F212108 菌株形態特徵。由左至右，菌落正面與背面、分生孢子、壓器。

Fig. 5. Morphological features of isolates of *Colletotrichum fructicola* isolate F216037 (upper row) and *Colletotrichum tropicale* isolate F212108 (lower row). The top and reverse views of the colony, conidia, and appressoria of each isolate were illustrated in one row from left to right. Cultures were grown on potato dextrose agar (PDA) at 22–24℃ under 12 h light period for 7 to 9 d. Conidia were from 7-d PDA cultures. Appressoria developed from conidia suspended in 0.5% V8 juice were induced on glass slides for 24 h. (Bar = 10 μm)

表 1. *Colletotrichum fructicola* 與 *Colletotrichum tropicale* 形態與生理特徵。

Table 1. Synopsis of morphological and physical data of the *Colletotrichum fructicola* and *Colletotrichum tropicale* isolates in Taiwan.

Isolate No.	Conidia length × width min.–avg.–max (µm)	Conidia length width ratio	Appressorium length × width min.–avg.–max (µm)	Optimum temp. for Mycelium growth (℃)	Mycelium growth rate at optimum temp (mm d^{-1})
Colletotrichum fructicola					
F215147	10.9–13.5–16.6 × 4.2–5.0–5.7	2.2–2.7–3.6	Not detected (nd)	24	5.4
F216037	10.9–12.4–14.6 × 4.2–4.9–6.2	2.1–2.5–3.3	7.3–9.1–11.5 × 4.5–6.0–7.8	28	5.5
Colletotrichum tropicale					
F212108	11.8–13.4–15.1 × 4.5–5.2–5.6	2.2–2.6–3.3	8.4–10.3–15.1 × 5.6–7.3–10.1	28	6.1
F216025	11.2–12.8–15.1 × 5.1–5.7–6.7	1.8–2.3–2.8	nd	24	5.7

中，接種以葡萄果分離株 F215147 與葡萄葉分離株 F215089 者，發病果粒少且常伴隨果粒裂開 (圖 2A、B)，推測可能先有傷口如果粒生理性裂果或者蟲咬傷後才促進病菌入侵。接種以 *C. fructicola* 牛筋草分離株 F216037 者，發病果粒多且為典型晚腐病徵 (圖 2C–E)，病徵與接種以 *C. viniferum* 次支序群 T 者病徵相似 (Lin *et al*. 2022)。另亦證明 *C. fructicola* 亦可感染牛筋草 (圖 4)，本試驗以離葉方式確認 *C. fructicola* 透過傷口感染牛筋草，且本研究僅在一處果園調查得牛筋草罹病。未來仍有待例如以盆栽栽種牛筋草的方式探討 *C. fructicola* 對牛筋草之致病力，並調查其他果園牛筋草罹病況。據所知本研究為 *C. fructicola* 感染葡萄之台灣首次正式病害紀錄，亦為感染牛筋草之台灣與世界首次正式病害紀錄。

由於牛筋草分離株 F216037 為 2016 年分離自新社一處葡萄園地上的牛筋草，本研究 2015 年亦同在新社區同一處果園發現罹染 *C. fructicola* 的葡萄果粒，即本研究中的 F215147 分離株，兩菌株序列與親緣關係一致 (Lin *et al*. 2022)，不排除 *C. fructicola* 在該區域內交互感染葡萄果粒與牛筋草。未來需要更多田間調查，以及 *C. fructicola* 葡萄果或葉分離株試驗，如接種於牛筋草上等試驗，以證明此推論。

於台灣、中國大陸以及巴西等地的研究顯示 *C. fructicola* 是僅次於 *C. viniferum* 的重要葡萄晚腐病原 (Peng *et al*. 2013; Echeverrigaray *et al*. 2020; Lin *et al*. 2022)，防治 *C. fructicola* 感染亦為管理葡萄晚腐病的重點之一。本研究確認 *C. fructicola* 可感染葡萄園內的牛筋草與葡萄果實，在田間 *C. fructicola* 可能以腐生方式存在於葡萄葉片表面，或以牛筋草做為替代寄主 (alternative host)。雖然田間 *C. fructicola* 感染牛筋草的嚴重度仍需要再進一步調查，但為預先做好葡萄晚腐病防治，建議可特別注意同時預防牛筋草受 *C. fructicola* 感染，並注意移除腐爛的葉片，避免藏匿 *C. fructicola*。其他 *C. viniferum* 與 *C. tropicale* 對牛筋草或是葡萄園區常見草類之病原性亦有待探討。

C. tropicale 於田間感染方式有待研究

本試驗分離之 *C. tropicale* 菌株病原性較弱，僅在具傷口的果粒上有小範圍的病斑，而在田間接種試驗中則無法造成顯著的病徵。Duan & Chen (2020) 發現田間感染 *C. tropicale* 葡萄果，大範圍噴布孢子懸浮液於成熟葡萄果粒表面成功確認 *C. tropicale* 病原性。推測該試驗使用的菌除了可能病原性較高外，不排除菌株可能是透過蒂頭或其他不明顯之傷口感染成熟果粒。為避免田間汙染，本田間試驗係將果串浸入添加有展著劑的 *Colletotrichum* spp. 孢子懸浮液內，已知可成功讓 *C. viniferum* (Lin *et al*. 2022) 與 *C. fructicola* 感染果串並發病 (圖 2)。然而或許在不會交互汙染的狀況下，也可考慮以其他接種方式以更有利孢子停留於果實表面或保濕方法接種 *C. tropicale*，如以孢子懸浮液噴霧方式等 (Duan & Hsieh 1990)。*C. tropicale* 於田間感染的方式需要再進一步研究。

Colletotrichum spp. 於葡萄園內生態差異

Kuo & Hseu (2003) 以及 Ko (2008) 認為晚腐病菌為 *C. gloeosporioides*，且較少感染葡萄葉片，而是在葉片上行有限的腐生繁殖。Duan & Hsieh (1991) 研究亦顯示「巨峰」及「奈加拉」品種葡萄葉片對晚腐病菌具抗性。Lin *et al*. (2022) 確認引起台灣葡萄晚腐病的主要菌種為 *C. viniferum*，然而除了可感染果實外，亦確定在田間具感染葉片的紀錄，並證實對葉片、花以及鬚具有強烈病原性。推論 Kuo & Hseu (2003)、Ko (2008) 與 Duan & Hsieh (1991) 相較於 Lin *et al*. (2022) 的差異可能為使用的菌種不同之故。

近年的分子親緣分析，早期被鑑定為 *C. gloeosporioides* 之病原多數為 *C. gloeosporioides* 複合種，包含 *C. viniferum*、*C. fructicola* 以及 *C. tropicale* 等 (Cai *et al*. 2009; Prihastuti *et al*. 2009; Weir *et al*. 2012; Peng *et al*. 2013)。Kuo & Hseu (2003) 以及 Ko (2008) 所提及之 *C. gloeosporioides* 可能也是複合種，是否有可能當時調查時優勢菌種為 *C. fructicola* 或 *C. tropicale*，而後被致病力較高的 *C. viniferum* 取代，為要確認此推論需要取得以前的菌株才能證明。

Lin *et al*. (2022) 與本研究確認從田間罹病果實、葉片或枝條分離得之 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 能造成程度輕微之葡萄晚腐病；然而 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 供試菌株接種葡萄植株後皆無法在葉片或枝條上造成明顯病徵，如同 Kuo & Hseu (2003) 以及 Ko (2008) 的說法一樣，可能是因為菌種在罹病組織上行腐生繁殖之故。

形態差異與鑑定的結果

雖然本試驗中 *C. fruticola* 與 *C. tropicale* 都出現菌株間僅菌落形態相似，菌株間分生孢子大小不同，且分生孢子大小與生長速度各別也與 *C. fruticola* 標準株 (Prihastuti *et al*. 2009) 或 *C. tropicale* 標準株描述不一 (Rojas *et al*. 2010)。然而 Weir *et al*. (2012) 以多重序列親緣關係確認 *C. fructicola* 與 *C. tropicale* 種內菌株間分生孢子以及菌絲生長速度差異大為普遍的現象，不適合作為 *C. gloeosporioides* 複合種內鑑定之依據。因此本研究以 Lin *et al*. (2022) 多重序列親緣關係分析結果為主，各別將菌株鑑定為 *C. fructicola* 與 *C. tropicale*。

誌謝

本文承蒙行政院農業委員會農業試驗所 104 農科 -10.6.3-農-C1 (8)、105 農科-10.5.3-農-C1 (7)、106 農科-9.5.2-農-C1 (2)，以及 107 農科-8.4.2-農-C1 (8) 計畫經費支持，家昌綠色莊園吳家昌先生提供植株供試，陳品儒、黃麟婷、詹月梅與戴裕綸等助理協助調查與進行試驗。

引用文獻

Cai, L., K. D. Hyde, P. W. J. Taylor, B. S. Weir, J. M. Waller, M. M. Abang, J. Z. Zhang, Y. L. Yang, S. Phoulivong, Z. Y. Liu, H. Prihastuti, R. G. Shivas, E. H. C. McKenzie, and P. R. Johnston. 2009. A polyphasic approach for studying *Colletotrichum*. Fungal Divers. 39:183–204.

Duan, C. H. and W. H. Hsieh. 1990. Pathogenicity of *Glomerella cingulate* on Kyoho grape. J. Agric.

Res. China 39:113–120. (in Chinese with English abstract) doi:10.29951/JARC.199006.0005

Duan, C. H. and W. H. Hsieh. 1991. Inoculum sources of ripe rot of grape. Plant Prot. Bull. 33:275–282. (in Chinese with English abstract)

Duan, C. H. and G. Y. Chen. 2020. Molecular identification and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* isolates from grape in Taiwan. J. Plant Med. 62(4):23–32. (in Chinese with English abstract) doi:10.6716/JPM.202012_62(4).0003

Echeverrigaray, S., F. J. Scariot, G. Fontanella, F. Favaron, L. Sella, M. C. Santos, J. Schwambach, C. Pedrotti, and A. P. L. Delamare. 2020. *Colletotrichum* species causing grape ripe rot disease in *Vitis labrusca* and *V. vinifera* varieties in the highlands of southern Brazil. Plant Pathol. 69:1504–1512. doi:10.1111/ppa.13240

Gao, H., X. Yin, X. Jiang, H. Shi, Y. Yang, C. Wang, X. Dai, Y. Chen, and X. Wu. 2020. Diversity and spoilage potential of microbial communities associated with grape sour rot in eastern coastal areas of China. PeerJ 8:e9376. doi:10.7717/peerj.9376

Ko, Y. 2008. Illustrated Book of Plant Diseases of Economic Fruit Trees in Taiwan. Yi Hsien Publishing Co. Ltd. New Taipei, Taiwan. 431 pp. (in Chinese)

Kuo, K. C. and S. H. Hseu. 2003. Ripe rot of grape. p.115–119. *in*: Compendium of Grape Diseases and Pests (Wang, C. L., P. J. Ann, H. L Lin, C. I. Yuan, C. P. Chang, K. C. Kuo, S. H. Hseu, Y. S. Yang, T. C. Yang, M. Y. Chiang, and T. T. Tsay) Bureau of Animal and Plant Health Inspection and Quarantine. Taipei, Taiwan. 250 pp. (in Chinese)

Lei, Y., X. B. Tang, R. S. Jayawardena, J. Y. Yan, X. D. Wang, M. Liu, T. Chen, X. M. Liu, J. C. Wang, and Q. X. Chen. 2016. Identification and characterization of *Colletotrichum* species causing grape ripe rot in southern China. Mycosphere 7:1177–1191. doi:10.5943/mycosphere/si/2c/8

Lim, Y. S., O. Hassan, and T. Chang. 2020. First report of anthracnose of shine muscat caused by *Colletotrichum fructicola* in Korea. Mycobiology 48:75–79. doi:10.1080/12298093.2019.1697190

Lin, C. P., C. L. Wang, J. N. Tsai, Y. L. Dai, P. J. Ann, Y. M. Zhan, and S. Y. Huang. 2022. Occurence of grape ripe rot in Taiwan and the pathogenicity and phylogenetic relationship of its primary causal agent *Colletotrichum viniferum*. J. Taiwan Agric. Res. 71:135–157. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR.202206_71(2).0004

Oo, M. M. and S. K. Oh. 2017. Identification and characterization of new record of grape ripe rot disease caused by *Colletotrichum viniferum* in Korea. Mycobiology 45:421–425. doi:10.5941/MYCO.2017.45.4.421

Peng, L. J., T. Sun, Y. L. Yang, L. Cai, K. D. Hyde, A. H. Bahkali, and Z. Y. Liu. 2013. *Colletotrichum* species on grape in Guizhou and Yunnan provinces, China. Mycoscience 54:29–41. doi:10.1016/j.myc.2012.07.006

Prihastuti, H., L. Cai, H. Chen, E. H. C. McKenzie, and K. D. Hyde. 2009. Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand. Fungal Divers. 39:89–109.

Rojas, E. I., S. A. Rehner, G. J. Samuels, S. A. Van Bael, E. A. Herre, P. Cannon, R. Chen, J. Pang, R. Wang, Y. Zhang, Y. Q. Peng, and T. Sha. 2010. *Colletotrichum gloeosporioides s.l.* associated with Theobroma cacao and other plants in Panamá: multilocus phylogenies distinguish host-associated pathogens from asymptomatic endophytes. Mycolgia 102:1318–1338. doi:10.3852/09-244

Weir, B. S., P. R. Johnston, and U. Damm. 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. Stud. Mycol. 73:115–180. doi:10.3114/sim0011

Yan, J. Y., M. M. R. S. Jayawardena, I. D. Goonasekara, Y. Wang, W. Zhang, M. Liu, J. B. Huang, Z. Y. Wang, J. J. Shang, Y. L. Peng, A. Bahkali, K. D. Hyde, and X. H. Li. 2015. Diverse species of *Colletotrichum* associated with grapevine anthracnose in China. Fungal Divers. 71:233–246. doi:10.1007/s13225-014-0310-9

Yokosawa, S., N. Eguchi, and T. Sato. 2020. Characterization of the *Colletotrichum gloeosporioides* species complex causing grape ripe rot in Nagano Prefecture, Japan. J. Gen. Plant Pathol. 86:163–172. doi:10.1007/s10327-020-00907-5

Zapparata, A., D. D. Lio, S. Sarrocco, G. Vannacci, and R. Baroncelli. 2017. First report of *Colletotrichum godetiae* causing grape (*Vitis vinifera*) berry rot in Italy. Plant Dis. 101:1051. doi:10.1094/PDIS-12-16-1764-PDN

Virulence of *Colletotrichum* spp. from Different Isolating Source in Grape Orchards was Compared on Grape

Chu-Ping Lin[1,*], Jyh-Nong Tsai[2], Pao-Jan Ann[3], and Ming-Te Lu[4]

Abstract

Lin, C. P., J. N. Tsai, P. J. Ann, and M. T. Lu. 2023. Virulence of *Colletotrichum* spp. from different isolating source in grape orchards was compared on grape. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):49–61.

Virulence of *Colletotrichum viniferum*, *Colletotrichum fructicola*, and *Colletotrichum tropicale* from different isolation sources were compared on grapes (*Vitis vinifera*). *In vivo* pathogenicity test on the detached grape berries showed that *C. viniferum* was the strongest virulent species, which could cause significant and larger spots of ripe rot on grape berries with or without wounds. Moreover, the virulence of fruit isolates seems to be stronger than that of the leaf isolates; *C. fructicola* was ranked second in virulence. Interestingly, the virulence of the *C. fructicola* isolate from goose weed (*Eleusine indica*) was stronger than other isolates from grape fruits and leaves; *C. tropicale* was the lowest virulent species, and all the isolates in this study required wounds to infect berries. In addition, *in planta* pathogenicity tests of *C. fructicola* and *C. tropicale* were performed. In young grapes inoculation test, only berries inoculated with isolates of *C. fructicola* could develop the typical ripe rot disease symptoms after veraison. The disease rate and symptoms were higher and severer with *C. fructicola* isolated from goose weed than those from grape isolates, while no obvious symptoms with *C. tropicale* isolates. As for whole potted plants inoculation test, no obvious disease symptoms appeared on leaves or other parts of plants inoculated with any of the selected isolates of *C. fructicola* and *C. tropicale*. To our knowledge, this study is also the first report of goose weed leaf anthracnose caused by *C. fructicola*, which showed water-soaked and browning symptoms on leaf. These data suggest that, in the field, goose weeds could be an alternative host of *C. fructicola*. *C. fructicola* might live in a saprophytic life on grape leaves, waiting for chances to infect grape berries.

Key words: Grape ripe rot, *Colletotrichum viniferum*, *Colletotrichum fructicola*, *Colletotrichum tropicale*, Virulence test.

Received: October 11, 2022; Accepted: November 24, 2022.

[*] Corresponding author, e-mail: cplin@tari.gov.tw

[1] Assistant Research Fellow, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[2] Research Fellow and Division Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[3] Former Research Fellow and Division Director, Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

[4] Assistant Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 72(1):63–80 (2023)
DOI:10.6156/JTAR.202303_72(1).0006

研究報告

稉型水稻新品種「台農 86 號」之育成

吳永培[1]　黃雅依[2]　周思儀[3]　廖大經[1,*]

摘要

吳永培、黃雅依、周思儀、廖大經。2023。稉型水稻新品種「台農 86 號」之育成。台灣農業研究 72(1):63–80。

稉型水稻品種「台農 86 號」係行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所於 2014 年第 1 期作以抗病蟲且高產水稻品種「台農 84 號」為母本，低蛋白質含量水稻品種「台農 82 號」為父本進行雜交，在 F_2–F_4 世代以修飾後混合法進行分離後裔選拔，F_5 世代以後經譜系法進行品系選拔，於 2018 年第 1 期作擇優選出嘉農育 1061008 號參加區域試驗及特性檢定，2021 年申請命名通過。本品種產量高且穩定、外觀米質與米飯食味優良，對於葉稻熱病抗性等級介於 2–4 級之間，褐飛蝨抗性等級分別介於 3–5 級之間，相較於兩親本「台農 84 號」第 2 期作低產及「台農 82 號」易感稻熱病等缺點均有所相當的改善。

關鍵詞：水稻、稉稻、「台農 86 號」、修飾混合法。

前言

行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所 (以下簡稱本分所) 近十餘年來陸續育成具各種特色之優良稉型水稻如「台農 81 號」、「台農 82 號」及「台農 84 號」等品種，據農糧署統計 (未發表) 2021 年第 1 期作前 10 大品種種植面積，「台農 84 號」為 3,742 ha，「台農 81 號」為 3,606 ha，分居第 4 及第 6 位，顯示該等品種受到農民相當接受程度。然而稻作產業因飲食習慣改變致使稻米消費量逐漸下降，農村人口老化勞動力缺乏亦導致生產成本增加，以及全球氣候變遷下造成多重生物及非生物逆境影響生產等諸多因素衝擊下，其產業發展面臨前所未有之困境。為因應產業環境改變的需求，能兼顧低投入、高品質及穩定高產為目前水稻主要育種目標。

本分所於 2014 年第 1 期作以抗病蟲高產品種「台農 84 號」為母本，與低蛋白質含量且米飯食味佳品種「台農 82 號」為父本進行雜交，選育稻米外觀及食味品質俱佳、對於主要病蟲害具抗 (耐) 性及產量穩定之稉型水稻新品種，以取代目前部分對於病蟲害不具抗性或稻米品質不穩定之品種，提供農民及消費市場新選擇。本文呈現稉型水稻品種「台農 86 號」之育種方式及育成經過，以供參考。

材料與方法

親本來源及特性

「台農 86 號」(‘Tainung No. 86’; ‘TNG86’) 之譜系如圖 1 所示，母本「台農 84 號」係本分所於 2010 年命名之中晚熟稉型水稻品種，區域試驗資料顯示 (Chen *et al*. 2011)，「台農 84 號」在第 1 期作平均稻穀產量為 6,585 kg ha^{-1}，較對照品種「台稉 9 號」增產 9.9%；第 2 期作平均稻穀產量為 3,440 kg ha^{-1}，較對照品種減產 4.6%。在病蟲害抗性方面，「台農 84 號」對於葉稻熱罹病反應在第 1 期作介於抗級 – 中抗級之間，第 2 期作為抗級；穗稻熱病罹病反

投稿日期：2022 年 9 月 8 日；接受日期：2023 年 1 月 5 日。
[*] 通訊作者：djliao@tari.gov.tw
[1] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系副研究員。台灣 嘉義市。
[2] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系計畫助理。台灣 嘉義市。
[3] 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。

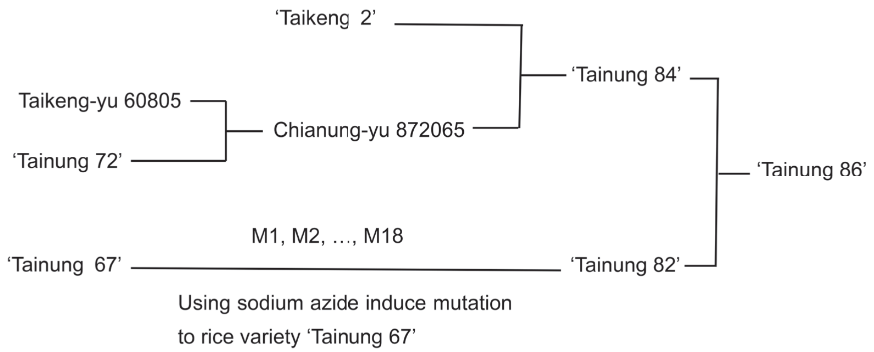

圖 1.　「台農 86 號」親本譜系圖。
Fig. 1.　Pedigree of the Japonica rice cultivar 'Tainung 86'.

應在第 1 期作為抗級；白葉枯病罹病反應在兩期作均介於感級 – 極感級之間；紋枯病罹病反應在兩期作均為極感級；褐飛蝨抗蟲反應在秧苗期為中抗級，在成株期介於中抗級 – 感級之間。因此「台農 84 號」具有第 1 期作高產、抗稻熱病及褐飛蝨等特性，惟第 2 期作產量較低，且對於白葉枯病及紋枯病不具抗性。父本「台農 82 號」係本分所以「台農 67 號」為親本，利用疊氮化鈉 (sodium azide) 化學誘變育種方式育成，於 2011 年命名。「台農 82 號」具有精米粗蛋白質低含量 (5.8%)、米飯食味佳等特性 (Wu & Lur 2002)。另據本分所於 2016–2021 年稻熱病特性檢定結果顯示，「台農 82 號」罹病反應介於中感級 – 極感級之間 (資料未列出)，因此對於稻熱病較不具抗性。

育種方式及育成經過

「台農 86 號」以修飾混合法 (modified bulk method) (Whiteouse 1953; Wu & Lur 2002) 進行培育及汰選，2014 年第 1 期作以母本「台農 84 號」與父本「台農 82 號」進行雜交，獲得 F_1 世代種子，同年第 2 期作種植 9 株 F_1 世代植株，單株收穫種子後混合及育苗，再培育出 800 株 F_2 世代分離族群。2015 年第 1 期作由 F_2 世代分離族群中根據株型、穗型及病蟲害發生情形選出 80 株優良單株，每 1 單株收穫 1 穗，將每穗種子脫粒後混合成為 F_3 世代分離族群。F_3 及 F_4 分離世代族群種植規模各為 400 株，同樣依株型、穗型及病蟲害發生情形各選取 80 株優良單株，此外由 F_4 分離世代獲選之 80 株當中，根據糙米外觀表現剔除白粉質粒偏高之單株，最後選獲 19 株組成 F_5 品系。F_5 品系以譜系法進行系統選拔，同時進行糙米外觀及病蟲害抗性篩檢。2016 年第 2 期作由 19 個 F_5 系統中選出嘉農育 1061001 號等 9 個品系參加 2017 年初級與高級產量比較試驗，並擇優選出嘉農育 1061008 號參加 2018–2019 年共 4 個期作之中晚熟粳稻區域試驗及各項特性檢定。2021 年第 2 期作提出申請登記命名，同年 11 月 10 日獲得通過命名為水稻「台農 86 號」。

初級與高級產量比較試驗

2017 年第 1 期作於本分所試驗田區進行初級產量比較試驗，試驗田區採順序排列，單本植，4 行區，每行種植 25 株，植株行距 30 cm，株距 15 cm，小區面積 4.5 m^2。同年第 2 期作進行高級產量比較試驗，田區採隨機完全區集設計，多本植，4 重複，4 行區，每行種植 25 株，植株行距 30 cm，株距 15 cm，小區面積 4.5 m^2。調查項目為生育日數、株高、產量構成要素 (含單株穗數、單穗穎花數、稔實率及千粒重)、食味值、單位面積產量及病蟲害抗性檢定 (含稻熱病及褐飛蝨)。生育日數調查係以小區為單位，記錄移植至成熟期間的生長日數；株高調查時期為成熟期或收穫前，於小區中間行隨機取 10 株調查地面至穗尖之平均長度；產量構成要素調查係收穫後隨機取 3 株稻株，分別計算各單株之穗數、單穗穎花數、稔實率及稔實粒重，再取其平均值後得之

(平均稔實粒重換算為千粒重)；味度值係收穫後隨機取 500 g 稻穀碾製成精白米，再以味度計 (MA-30A, Toyo Rice Corp., Tokyo, Japan) 測定；單位面積產量係以小區為單位，計算收穫株數及秤取稻穀重量後求得單株稻穀重量，再換算為公頃稻穀產量；稻熱病及褐飛蝨抗性檢定則分別於本分所稻熱病及褐飛蝨檢定圃進行。

區域產量比較試驗

「台農 86 號」(嘉農育 1061008 號) 於 2018–2019 年分別在桃園區農業改良場 (以下簡稱桃改場，位於桃園市新屋區)、台中區農業改良場 (以下簡稱中改場，位於彰化縣大村鄉)、台南區農業改良場嘉義分場 (以下簡稱南改場，位於嘉義縣鹿草鄉)、高雄區農業改良場 (以下簡稱高改場，位於屏東縣長治鄉)、台東區農業改良場 (以下簡稱東改場，位於台東縣台東市) 及花蓮區農業改良場 (以下簡稱花改場，位於花蓮縣吉安鄉) 等 6 個地區同時進行 2 年 4 期作之區域產量比較試驗，該組區域試驗共有 8 個參試品系，以「台稉 9 號」(‘Taikeng No. 9’; ‘TK9’) 為對照品種。試驗田區採隨機完全區集設計，4 重複，5 行區，每行種植 20 株，多本植，行距 30 cm，株距 (15 cm 或 18 cm) 及小區面積則視各地區慣行栽培方式而定。調查項目有全生育日數 (插秧至成熟期)、株高及穗數，另外於成熟期自每小區隨機割取 3 株，調查穗長、穗重、一穗穎花數、稔實率及千粒重。公頃產量評估方式為小區全區稻株割取礱穀，稻穀乾燥至含水量約 13%，秤重後再根據實際含水量換算為含水量 13% 之稻穀重量而獲得小區產量，最後再換算為每公頃產量。

水稻特性檢定

水稻特性檢定有非生物逆境之倒伏性、耐寒性、穗上發芽及脫粒性，生物逆境之稻熱病、白葉枯病、紋枯病及稻飛蝨等項目，於 2018–2019 年分別在桃改場 (倒伏性及耐寒性)、花改場 (穗上發芽及脫粒性)、本分所 (稻熱病及稻飛蝨)、東改場 (稻熱病)、中改場 (白葉枯病) 及南改場 (紋枯病) 等 6 個地區同時進行檢定，各檢定標準說明如下。

(1) 倒伏性檢定：於穀粒成熟期調查植株倒伏程度，倒伏程度分為 5 級，1 級為直，3 級為直 – 斜，5 級為斜，7 級為斜 – 倒，9 級為倒。

(2) 耐寒性檢定：第 1、2 期作分別進行秧苗期及成株期耐寒性檢定，秧苗期檢定採種子直播栽培方式，成株期檢定則採秧苗移植方式。耐寒程度分為 5 級，秧苗期檢定以秧苗之葉呈綠色，無捲縮及變橙黃色現象為 1 級；第 1 葉及心葉部分呈橙黃色或捲縮現象為 3 級；第 1 葉及心葉全部變黃色為 5 級；全株呈橙黃色，葉捲縮，植株枯萎為 7 級；全株枯死為 9 級。成株期檢定以稻穀稔實率達 80% 以上為 1 級；介於 61–80% 之間為 3 級；介於 41–60% 之間為 5 級；介於 11–40% 之間為 7 級；低於 10% 以下為 9 級。

(3) 穗上發芽率及脫粒性檢定：穗上發芽率調查採離體 (*in vitro*) 方式，穗上發芽率調查分為 3 級，發芽率低於 30% 以下為 1 級；介於 31–60% 為 5 級；高於 60% 以上為 9 級。脫粒性調查同樣採離體方式，脫粒性調查標準分為 5 級，脫粒率低於 1% 以下為 1 級；介於 1–5% 為 3 級；介於 6–25% 為 5 級；介於 26–50% 為 7 級；高於 50% 以上為 9 級。

(4) 稻熱病檢定：稻熱病檢定方式分為水田式病圃及旱田式病圃兩種，水田式病圃僅在第 1 期作分別設置於本分所及台東縣關山鎮，進行成株期葉及穗稻熱病檢定。旱田式病圃在第 1、2 期作均僅於本分所設置，進行幼苗期葉稻熱病檢定。葉及穗稻熱病罹病等級調查方式及標準係依國際稻米研究所 (International Rice Research Institute; IRRI) 2002 年制定之「水稻標準評估系統」(Standard Evaluation System for Rice; SES) 施行，以目測方式調查。葉稻熱病罹病等級區分為 0–9 級共 9 等級，依序以 0 級為極抗病 (high resistant; HR) 反應；1–3 級為抗病 (resistant; R) 反應；4–5 級為中抗病 (medium resistant; MR) 反應；6 級為中感病 (medium susceptible; MS) 反應；7–8 級為感病 (susceptible; S) 反應；9 級為極感病 (high susceptible; HS) 反應。穗稻熱病罹病等級區分為 0–9 級共 6 等級，

依序以 0 級為極抗病 (HR) 反應；1 級為抗病 (R) 反應；3 級為中抗病 (MR) 反應；5 級為中感病 (MS) 反應；7 級為感病 (S) 反應；9 級為極感病 (HS) 反應。

(5) 白葉枯病檢定：罹病等級與調查標準依 IRRI 制定之 SES 分為 0–9 級共 6 等級，依序以無病斑面積者 0 級為極抗病 (HR) 反應；病斑面積介於 1–5% 者 1 級為抗病 (R) 反應；介於 6–12% 者 3 級為中抗病 (MR) 反應；介於 13–25% 者 5 級為中感病 (MS) 反應；介於 26–50% 者 7 級為感病 (S) 反應；大於 51% 者 9 級為極感病 (HS) 反應。

(6) 紋枯病檢定：罹病等級與調查標準依 IRRI 制定之 SES 分為 0–9 級共 6 等級，依序以無病斑者 0 級為極抗病 (HR) 反應；病斑低於植株高度 20% 以下者 1 級為抗病 (R) 反應；病斑介於植株高度 20–30% 者 3 級為中抗病 (MR) 反應；病斑介於植株高度 31–45% 者 5 級為中感病 (MS) 反應；病斑介於植株高度 46–65% 者 7 級為感病 (S) 反應；病斑超過植株高度 65% 以上者 9 級為極感病 (HS) 反應。

(7) 稻飛蝨檢定：稻飛蝨檢定包含褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨等 3 種水稻有害蟲類，其中褐飛蝨分別於水稻秧苗期及成株期檢定，白背飛蝨及斑飛蝨則僅於秧苗期檢定。蟲害等級分為 0–9 級共 3 等級，依序為 0–3 級者為抗蟲 (R) 反應，5 級者為中抗蟲 (MR) 反應，7–9 級者為感蟲 (S) 反應。

稻米品質檢定

稻米品質檢定項目分為碾米及米粒外觀品質、米粒理化特性及米飯食味檢定等 4 大項，受檢稻米樣品及檢定資料均由中改場提供，各檢定方式及標準簡要說明如下。

(1) 碾米品質：取固定重量之乾燥調製稻穀，以礱穀機碾製為糙米後秤重，占稻穀重量百分率稱為糙米率。將糙米碾製為精白米後秤重，占稻穀重量百分率稱為白米率。最後以碎米分離器將精白米中完整粒與碎粒分離，獲得完整粒秤重占精白米重量百分比稱為完整米率。

(2) 米粒外觀品質：糙米粒長及粒型分類係參照中華民國國家標準 CNS 13446-N1126 所定，粒長分為 4 級，糙米長度在 7.50 mm 以上者為特長米 (extra-long grain rice)；長度介於 6.61–7.50 (不含 7.50) mm 之間者為長粒米 (long grain rice)；長度介於 5.51–6.61 (不含 6.61) mm 之間者為中粒米 (medium grain rice)；長度小於 5.51 mm 者為短粒米 (short grain rice)。粒型依糙米之長寬比分為 3 級，長寬比大於 3.0 者為細長型米 (slender grain rice; S)；長寬比介於 2.1–3.0 (不含 3.0) 者為中間型米 (intermediate grain rice; I)；長寬比小於 2.1 者為粗圓型米 (bold grain rice; B)。米粒透明度、心白、腹白及背白各分為 0–5 級共 6 等級。

(3) 米粒理化性質：米粒理化性質檢定項目有直鏈性澱粉含量、粗蛋白質含量、凝膠展延性及糊化溫度等 4 項，直鏈性澱粉係採用 Juliano (1971) 之碘呈色比色檢定方式，粗蛋白質含量係採用半微量凱氏定氮法 (semi-micro Kjeldahl method) 檢定方式，凝膠展延性係採用 Cagampang *et al*. (1973) 及 Perez (1979) 之檢定方式，根據膠體展延長度將精白米澱粉膠體軟硬區分為 3 等級，膠體長度小於 41 mm 者為硬膠體 (hard gel; H)；介於 41–60 mm 者為中間性膠體 (medium gel; M)；大於 61 mm 以上者為軟膠體 (soft gel; S)。糊化溫度係採用 Little *et al*. (1958) 之鹼性擴散值檢定方式，依米粒在鹼液中之擴散程度分為 1–7 級，再將米粒擴散度對應至糊化溫度如下，擴散度 1–2 級為高糊化溫度 (74.5–80℃, high gelatinization temperature; H)；3 級為高 – 中糊化溫度 (high-intermediate gelatinization temperature; HI)；4–5 級為中糊化溫度 (70–74℃, intermediate gelatinization temperature; I)；6–7 級為低糊化溫度 (< 70℃, low gelatinization temperature; L)。

(4) 米飯食味官能檢定：將受檢稻米樣品 400 g 以電子鍋烹煮米飯，置於室溫冷卻 1 h 後，由檢定人員各就米飯外觀、香味、口味、黏性、硬性及總評等 6 項與對照品種「台稉 9 號」進行官能評比。評比結果分為 A–C 等 3 級，其中外觀、香味、口味及總評為

A 級者優於對照品種，B 級者與對照品種相同，C 級者劣於對照品種；黏性為 A 級者較對照品種黏，B 級者與對照品種相同，C 級者黏性低於對照品種；硬性為 A 級者較對照品種硬，B 級者與對照品種相同，C 級者硬性低於對照品種。

稻穀儲藏試驗

稻穀儲藏試驗於 2021 年 1–6 月間在本分所進行，稻穀樣品為 2020 年第 2 期作在本分所試驗田區栽培生產，除氮肥施用量分為 120 kg ha^{-1} 及 200 kg ha^{-1} 兩種處理之外，其他栽培管理方式均相同。稻穀收穫後分袋包裝分別置於室溫及 15℃冷藏室，自開始儲藏後第 1 個月起，每個月各取一袋進行食味檢定，至第 4 個月為止。檢定方式係以炊飯食味計 (STA1B, SATAKE Co., Hiroshima, Japan) 及硬度黏度計 (RHS1A, SATAKE Co., Hiroshima, Japan) 分別對於米飯外觀、食味、硬性及黏性等項目與對照品種「台稉 9 號」進行檢測評比。各項評分等級如下，米飯外觀評分小於 5.0 者為差、介於 5.0–6.0 之間者略差、介於 6.0–7.0 之間者普通、介於 7.0–8.0 之間者略優、大於 8.0 者為優；食味評分小於 50 者為差、介於 50–60 之間者略差、介於 60–70 之間者普通、介於 70–80 之間者略優、大於 80 者為優；硬性評分介於 2.0–3.0 之間者非常軟、4.0 者為軟、5.0 者為硬、大於 6.0 者非常硬；黏性評分小於 0.2 者為鬆散、介於 0.2–0.3 之間者黏性較弱、介於 0.4–0.5 之間者黏性較強、大於 0.5 者黏性強。評比結果分為 A–C 等 3 級，其中外觀、食味為 A 級者優於對照品種，B 級者與對照品種相同，C 級者劣於對照品種；硬性為 A 級者較對照品種硬，B 級者與對照品種相同，C 級者硬性低於對照品種；黏性為 A 級者較對照品種黏，B 級者與對照品種相同，C 級者黏性低於對照品種。

統計分析

本研究之統計分析工作以程式語言 “R” (4.1.2 版) 撰寫後編譯執行，比較「台農 86 號」在區域試驗不同地區及不同品系之平均產量差異，係調用套件 (packages) “stats” (R Core Team 2022) 之變方分析 (analysis of variance; ANOVA) 函數 “aov” 及套件 “agricolae” (de Mendiburu 2021) 之最小顯著差異測驗 (Fisher’s least significant difference test; LSD) 函數 “LSD.test” 進行分析。比較「台農 86 號」與對照品種在株高、穗數、一穗穎花數、稔實率及千粒重等農藝性狀表現之差異，係調用套件 “stats” 之 *t* 檢定函數 “t.test” 進行分析。品種區域試驗稻穀產量穩定性評估分為特殊穩定性 (specific stability) (以期作別區分，合併地點及年度) 及一般穩定性 (general stability) (合併地點、期作及年度) 兩部分，以線性回歸模式 (Finlay & Wilkinson 1963)、additive main effects and multiplicative interaction model (AMMI) 模式分析 (Gauch 1988) 及屬於無母數估計之優勢測度法 (Lin & Binns 1988) 等 3 種方法進行估算及比較，以上 3 種評估方式係調用套件 “metan” (Olivoto 2022) 之函數 “ge_reg”、“performs_ammi” 及 “superiority” 進行分析。各評估方式之統計模式與穩定性統計量表示如下。

線性回歸模式

統計模式：$y_{ij} = \mu + g_i + b_i e_j + \varepsilon_{ij}$

穩定性統計量：$b_i = (\sum_j (y_{ij} - \overline{y}_{i.})(\overline{y}_{.j} - \overline{y}_{..}) / (\sum_j (\overline{y}_{.j} - \overline{y}_{..})^2$

代號及足標說明：y_{ij} 代表第 *i* 個品種在第 *j* 個環境中的平均量；μ 代表總平均量；g_i 代表第 *i* 個品種在全部環境中的平均量；b_i 代表第 *i* 個品種對於環境指標的回歸係數；e_j 代表第 *j* 個環境指標。若 b_i 值愈接近 1，表示品種 *i* 的相對穩定性較佳。

AMMI 模式

統計模式：

$y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{n=1}^{N} \lambda_n \gamma_{in} \delta_{jn} + \varepsilon_{ij}$

穩定性統計量 (Zhang *et al*. 1998)：

$D_i = \sqrt{\sum_{n=1}^{N} \gamma_{in}^2}$

代號及足標說明：y_{ij}、μ、g_i 及 e_j 等代號的意義與線性回歸模式相同；λ_n 代表主成分分析中第 *n* 主成分軸的特徵值 (eigenvalue)；γ_{in} 代表第 *i* 個品種在第 *n* 個主成分軸上的得分 (scores)；δ_{jn} 代表第 *j* 個環境在第 *n* 個主成分

軸上的得分；D_i 等於第 i 個品種在檢定顯著之 N 個主成分軸上之得分與原點之距離。若 D_i 值愈小，表示品種 i 的相對穩定性較佳。

優勢測度法

穩定性統計量：$P_i = \sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - M_j)^2/2n$

代號及足標說明：y_{ij} 代號意義與線性回歸模式相同；M_j 代表全部品種在第 j 個環境中的最大值。若 P_i 值愈小，表示品種 i 具有較普遍的適應性。

結果

高級產量比較試驗

「台農 86 號」進行高級產量比較試驗結果如表 1 所示，其中生育日數、株高、千粒重及每公頃稻穀產量與對照品種比較均無顯著差異，稔實率較對照品種顯著為低。惟穗數及一穗穎花數則較對照品種顯著為高，而米飯食味值及抗病蟲害表現則優於對照品種，評估應具有推廣價值，因此擇優選出參加 2018 年組稉稻區域試驗。

區域試驗及穩定性分析

「台農 86 號」參加 2018 年組區域試驗產量表現結果如表 2 所示，第 1 期作在桃園等 6 個地區平均產量為 6,444 kg ha^{-1}，較對照品種「台稉 9 號」顯著增產 16.8% (P = 0.00054)。就各地區產量表現而言，「台農 86 號」產量均高於對照品種，其中產量最高為台東地區之 7,846 kg ha^{-1}，其次為嘉義地區之 7,329 kg ha^{-1}，而兩地區間則無顯著差異存在；產量最低為花蓮地區之 4,075 kg ha^{-1}，其他如桃園、彰化及屏東地區之產量則介於 6,959–5,816 kg ha^{-1} 之間。第 2 期作 6 個地區平均產量為 4,939 kg ha^{-1}，較對照品種「台稉 9 號」增產 9.2%，惟二者無顯著差異 (P = 0.06785)，各地區產量表現以台東地區之 6,948 kg ha^{-1} 為最高，花蓮地區之 2,696 kg ha^{-1} 為最低，其他如桃園、彰化、嘉義及屏東等地區產量介於 5,233–4,847 kg ha^{-1} 之間，且彼此間均無顯著差異。

「台農 86 號」之主要農藝性狀比較如表 3 所示，「台農 86 號」之平均全生育日數 (插秧

表 1.　「台農 86 號」在高級產量比較試驗之農藝性狀及稻穀產量。

Table 1.　Agronomic traits and grain yield of ‘Tainung 86’ in the advanced yield trials.

Variety	Growth duration (d)	Plant height (cm)	Panicle number (No.)	Spikelet No. per panicle (No.)	Spikelet fertility (%)	1,000-grain weight (g)	Grain palatability	Grain yield		Resistance[y]	
								kg ha^{-1}	Ratio (%)	Leaf blast	Brown planthopper
‘TNG86’	104 ± 1.71 a[z]	106.5 ± 2.25 a	14.5 ± 0.68 a	136.7 ± 9.70 a	79.8 ± 6.37 b	26.1 ± 0.38 a	73	7,341.8 ± 1,096.1 a	103	R	R
‘TK9’	106 ± 0.96 a	108.3 ± 2.98 a	13.2 ± 0.77 b	124.2 ± 6.27 b	89.2 ± 4.19 a	26.4 ± 0.86 a	53	7,144.7 ± 479.4 a	100	S	S

[z] Means within each the column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Student’s t-test.
[y] R: resistant; S: susceptible.

表 2. 「台農 86 號」在區域試驗中之產量表現。

Table 2. Performance of grain yield of 'Tainung 86' in the regional yield trial.

Location	Grain yield (kg ha^{-1}) 'TNG86'	Grain yield (kg ha^{-1}) 'TK9'	Grain yield ratio (%)
	1st crop season		
Taoyuan	5,816 ± 735 d^{z}	5,023 ± 378 c	115.8
Changhua	6,959 ± 781 bc	5,345 ± 491 bc	130.2
Chiayi	7,329 ± 355 ab	5,863 ± 243 b	125.0
Pingtung	6,642 ± 685 c	6,499 ± 1,078 a	102.2
Taitung	7,846 ± 302 a	7,013 ± 452 a	111.9
Hualien	4,075 ± 435 e	3,360 ± 511 d	121.3
Mean	6,444 ± 1,385 A^{y}	5,517 ± 1,309 B	116.8
	2nd crop season		
Taoyuan	4,847 ± 879 b	3,837 ± 658 c	126.3
Changhua	5,233 ± 1,105 b	4,766 ± 614 b	109.8
Chiayi	5,059 ± 354 b	4,670 ± 231 b	108.3
Pingtung	4,848 ± 299 b	4,632 ± 363 b	104.6
Taitung	6,948 ± 610 a	6,568 ± 501 a	105.8
Hualien	2,696 ± 792 c	2,670 ± 455 d	101.0
Mean	4,939 ± 1,428 A	4,524 ± 1,268 A	109.2

^{z} Means within each column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's least significant difference test.

^{y} Means within each row followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Student's *t*-test.

至成熟) 與株高兩項農藝性狀皆與「台稉 9 號」無顯著差異。穗長與穗重兩項農藝性狀除第 2 期作穗重之外，其餘皆高於「台稉 9 號」並且達到顯著差異。「台農 86 號」之產量構成性狀表現如表 4 所示，在穗數、一穗穎花數、稔實率及千粒重等 4 個項目中，僅一穗穎花數在兩期作均高於「台稉 9 號」且達顯著水準，其他如穗數及千粒重雖然在兩期作均高於「台稉 9 號」，然而顯著性檢定卻無一致表現。至於稔實率則兩期作皆低於「台稉 9 號」，而在第 2 期作達顯著水準。

「台農 86 號」之特殊穩定性及一般穩定性分析結果如表 5 所示，就線性回歸模式而言，「台農 86 號」無論在特殊穩定性或一般穩定性，其回歸係數 b_i 均大於 1，平均產量亦大於總平均值，顯示本品種屬於對於環境較為敏感的高產品種，若在適合環境下應可充分發揮高產潛力。AMMI 模式評估特殊穩定性 D_i 以第 1 期作的表現最佳，第 2 期作居中，一般穩定性同樣表現居中。在優勢測度法 P_i 評估方面，「台農 86 號」之特殊穩定性除第 2 期作之排序第 3 之外，在第 1 期作及一般穩定性之排序均居首位，顯示本品種相對於其他參試品種 (系) 而言，在不同環境下具有較為普遍的適應性。

非生物逆境檢定

「台農 86 號」參加倒伏性、耐寒性、穗上發芽及脫粒性等非生物逆境檢定結果如表 6 所示，倒伏性檢定方面，「台農 86 號」在 2 年期檢定當中表現不一致，2018 年兩期作與對照品種相同均為 1 級 (直)；2019 年第 1 期作為 5 級 (斜)，較對照品種為 7 級 (斜 – 倒) 略優，第 2 期作同樣為 5 級則較對照品種之 1 級為差。顯示「台農 86 號」具有中等程度的抗倒伏性，因此在栽培過程中應於最高分蘗期徹底曬田以強化根系，同時避免施用過量氮肥造成植株倒伏，進而影響稻米產量及品質。耐寒性檢定方面，「台農 86 號」第 1 期作秧苗期耐寒性與對

表 3. 「台農 86 號」在區域試驗中之農藝性狀表現。

Table 3. Performance of agronomic traits of 'Tainung 86' in the regional yield trial.

	1st crop season							
	Growth duration (d)		Plant height (cm per plant)		Panicle length (cm per panicle)		Panicle weight (g per panicle)	
Location	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'
Taoyuan	119	115	93.0 ± 4.9	92.9 ± 11.4	17.3 ± 1.2 c[z]	15.5 ± 1.4 b	1.9 ± 0.2 b	1.7 ± 0.1 b
Changhua	116	114	96.8 ± 2.3	95.9 ± 3.0	18.8 ± 0.9 b	17.7 ± 1.0 a	2.4 ± 0.5 a	2.1 ± 0.4 a
Chiayi	130	131	95.6 ± 5.1	92.9 ± 2.0	17.4 ± 0.7 c	15.6 ± 0.7 b	2.4 ± 0.2 a	1.8 ± 0.2 b
Pingtung	116	119	98.6 ± 3.7	98.5 ± 3.8	19.6 ± 1.0 ab	18.3 ± 0.9 a	2.3 ± 0.3 a	2.1 ± 0.1 a
Taitung	132	132	96.1 ± 2.0	95.6 ± 2.2	19.1 ± 0.6 b	17.5 ± 0.8 a	2.4 ± 0.2 a	2.1 ± 0.2 a
Hualien	138	139	96.3 ± 3.9	93.1 ± 2.0	20.1 ± 0.9 a	17.8 ± 0.6 a	2.2 ± 0.4 a	1.7 ± 0.3 b
Range	116–138	115–139	93.0–98.6	92.9–98.0	17.3–20.1	15.6–18.2	1.9–2.4	1.7–2.1
Mean	125 A[y]	125 A	96.1 ± 4.0 A	94.8 ± 5.4 A	18.7 ± 1.4 A	17.1 ± 1.4 B	2.3 ± 0.4 A	1.9 ± 0.3 B
	2nd crop season							
Taoyuan	117	118	92.6 ± 6.1 b	90.9 ± 8.3 bc	18.4 ± 0.5 b	18.2 ± 1.1 b	2.2 ± 0.2 bc	1.9 ± 0.1 c
Changhua	111	110	87.4 ± 5.7 c	86.5 ± 4.3 c	17.9 ± 1.2 b	17.9 ± 0.7 b	2.1 ± 0.4 cd	2.1 ± 0.3 b
Chiayi	109	110	93.4 ± 2.2 b	94.9 ± 3.2 b	18.4 ± 0.5 b	17.6 ± 0.4 bc	2.4 ± 0.2 b	2.3 ± 0.2 b
Pingtung	103	103	102.4 ± 1.0 a	103.6 ± 4.0 a	20.3 ± 0.6 a	19.5 ± 0.5 a	2.8 ± 0.2 a	2.9 ± 0.3 a
Taitung	114	114	104.4 ± 2.9 a	105.4 ± 3.2 a	18.3 ± 0.8 b	17.1 ± 0.5 c	2.4 ± 0.3 b	2.2 ± 0.2 b
Hualien	115	114	93.5 ± 2.0 b	94.2 ± 5.6 b	17.8 ± 0.6 b	17.0 ± 0.9 c	1.8 ± 0.4 d	1.6 ± 0.2 d
Range	103–117	103–118	87.4–104.4	86.5–105.4	17.8–20.3	17.0–19.5	1.8–2.8	1.6–2.9
Mean	112 A	112 A	95.6 ± 7.0 A	95.9 ± 8.3 A	18.5 ± 1.1 A	17.9 ± 1.1 B	2.3 ± 0.4 A	2.2 ± 0.5 A

[z] Means within each column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's least significant difference test.
[y] Means within each row followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Student's *t*-test.

表 4. 「台農 86 號」在區域試驗中之產量構成性狀表現。

Table 4. Performance of grain yield components of ‘Tainung 86’ in the regional yield trial.

	1st crop season							
	Panicle number (no.)		Spikelet no. per panicle (no.)		Spikelet fertility (%)		1,000-grain weight (g)	
Location	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’
Taoyuan	23.3 ± 2.5 a[z]	21.5 ± 2.2 a	73.6 ± 7.4 c	69.0 ± 4.4 b	88.2 ± 4.6 ab	90.2 ± 4.7 a	26.8 ± 1.0	25.6 ± 0.8
Changhua	18.7 ± 2.1 b	16.1 ± 3.1 b	103.6 ± 13.3 a	88.2 ± 11.7 a	84.1 ± 8.7 b	88.9 ± 5.9 a	26.0 ± 0.2	25.2 ± 0.5
Chiayi	19.7 ± 2.7 b	19.7 ± 1.6 a	86.1 ± 8.0 bc	67.6 ± 6.7 b	93.4 ± 1.3 a	94.0 ± 2.9 a	27.9 ± 0.9	25.9 ± 0.9
Pingtung	21.0 ± 2.7 ab	20.1 ± 2.7 a	98.4 ± 9.4 ab	89.7 ± 5.5 a	83.8 ± 7.3 b	88.7 ± 6.8 a	25.8 ± 1.5	24.0 ± 1.5
Taitung	22.7 ± 2.2 a	22.0 ± 1.2 a	103.3 ± 8.5 a	90.5 ± 7.1 a	81.9 ± 9.2 b	87.3 ± 6.3 a	26.4 ± 0.7	26.0 ± 1.6
Hualien	13.7 ± 2.7 c	14.0 ± 2.4 b	93.4 ± 22.4 ab	75.6 ± 12.1 b	64.7 ± 8.0 c	67.5 ± 13.3 b	31.2 ± 10.7	27.3 ± 4.9
Range	13.7–23.3	14.0–22.0	73.6–103.6	67.6–90.5	64.7–93.4	67.5–94.0	25.8–31.2	24.0–27.3
Mean	19.8 ± 4.0 A[y]	18.9 ± 3.6 A	93.1 ± 16.1 A	80.1 ± 12.7 B	82.7 ± 11.2 A	86.1 ± 11.1 A	27.4 ± 4.6 A	25.7 ± 2.4 B
	2nd crop season							
Taoyuan	16.8 ± 2.5 ab	15.5 ± 1.7 ab	103.7 ± 7.4 ab	93.5 ± 4.7 b	78.4 ± 4.4 b	77.4 ± 3.9 b	24.9 ± 0.9 d	24.2 ± 0.8 c
Changhua	16.0 ± 1.3 abc	14.4 ± 1.8 bc	91.0 ± 18.8 c	91.4 ± 13.1 b	84.8 ± 3.8 a	87.9 ± 3.7 a	25.6 ± 0.6 cd	25.5 ± 0.9 bc
Chiayi	13.7 ± 2.8 c	13.5 ± 1.8 c	99.4 ± 5.1 bc	89.0 ± 6.3 bc	82.2 ± 3.9 ab	86.8 ± 4.7 a	26.2 ± 0.3 bc	25.2 ± 0.8 bc
Pingtung	16.0 ± 1.9 abc	14.5 ± 1.6 bc	115.5 ± 4.7 a	108.9 ± 4.4 a	82.9 ± 3.6 ab	88.0 ± 3.3 a	26.9 ± 1.2 ab	27.7 ± 1.4 a
Taitung	18.4 ± 2.6 a	16.9 ± 1.2 a	107.9 ± 13.5 ab	90.7 ± 8.9 b	78.0 ± 10.2 b	88.3 ± 6.4 a	26.2 ± 0.7 bc	26.5 ± 0.9 ab
Hualien	15.1 ± 3.7 bc	12.9 ± 1.6 c	96.7 ± 14.9 bc	81.6 ± 12.0 c	51.6 ± 5.7 c	62.4 ± 12.1 c	27.2 ± 1.0 a	26.0 ± 3.2 b
Range	13.7–16.8	12.9–16.9	91.1–115.5	81.6–108.9	51.6–84.8	62.4–88.3	24.9–27.2	24.2–27.7
Mean	16.0 ± 2.8 A	14.6 ± 2.0 B	102.4 ± 13.9 A	92.5 ± 11.9 B	76.3 ± 12.7 B	81.8 ± 11.4 A	26.2 ± 1.1 A	25.9 ± 1.9 A

[z] Means within each column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher’s least significant difference test.
[y] Means within each row followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Student’s *t*-test.

表 5.　2018–2019 年稉稻區域試驗參試品種 (系) 稻穀產量穩定性分析。

Table 5.　Comparison of 9 Japonica rice cultivars for grain yield stability in the regional trails in Taiwan, 2018–2019.

Variety (lines)	Specific stability: 1st crop season $\bar{x}$ (kg ha^{-1})	b_i	D_i	P_i	2nd crop season $\bar{x}$ (kg ha^{-1})	b_i	D_i	P_i	General stability $\bar{x}$ (kg ha^{-1})	b_i	D_i	P_i
TYY99102504	6,143 ± 1,143 bc^z	0.90	33.29	368,660.7	5,038 ± 1,205 a	0.93	20.81	99,611.6	5,591 ± 1,294 ab	0.91	38.54	234,136.1
CKY13113	5,893 ± 1,395 d	1.11	28.91	479,802.9	4,722 ± 1,306 cd	1.01	31.25	329,898.2	5,308 ± 1,467 c	1.03	38.59	404,850.6
NKY1052091	6,196 ± 1,319 bc	1.05	29.16	249,436.0	5,069 ± 1,173 a	0.87	31.83	115,695.2	5,633 ± 1,365 ab	0.94	39.59	182,565.6
KHY5386	5,932 ± 1,179 d	0.89	36.12	560,039.4	4,813 ± 1,450 bc	1.14	26.96	257,864.9	5,372 ± 1,430 c	0.99	41.46	408,952.1
TKY1042054	6,043 ± 1,172 cd	0.86	35.03	378,694.8	4,624 ± 1,298 de	0.98	31.37	434,908.0	5,334 ± 1,422 c	0.97	41.66	406,801.4
HKY203	6,266 ± 1,392 ab	1.09	36.23	244,856.2	4,841 ± 1,316 bc	1.05	23.53	220,005.5	5,553 ± 1,526 b	1.08	39.69	232,430.8
'TNG86'	6,444 ± 1,385 a	1.11	27.37	116,805.7	4,939 ± 1,428 ab	1.13	27.23	205,240.0	5,691 ± 1,591 a	1.14	39.33	161,022.9
TNGY105041	6,390 ± 1,257 a	0.97	27.49	159,513.6	4,846 ± 1,196 bc	0.87	38.52	318,369.0	5,618 ± 1,446 ab	0.99	44.38	238,941.3
'TK9'	5,517 ± 1,309 e	1.00	33.38	975,725.7	4,524 ± 1,268 e	1.02	4.92	448,623.2	5,020 ± 1,376 d	0.96	38.54	712,174.5

^{z} Means within each column followed by the different letter are significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's least significant difference test.

照品種同樣介於 1 級 (抗) 至 3 級 (中抗) 之間，第 2 期作成熟期耐寒性介於 3 級至 7 級 (感) 之間，較對照品種兩年度均為 3 級為差。顯示「台農 86 號」之秧苗期尚有耐寒性，而成熟期之耐寒性較不穩定，因此第 2 期作不宜過晚移植栽培，避免成熟期遭遇低溫影響產量。穗上發芽檢定方面，「台農 86 號」在 2 年期檢定當中表現頗不一致，2018 年兩期作均為 9 級 (極感)；2019 年第 1 期作為 1 級 (抗)，第 2 期作為 5 級 (中感)。「台農 86 號」第 1 期作脫粒性介於 7 級 (感) 至 9 級 (極感) 之間，較對照品種均為 7 級為高；第 2 期作介於 3 級 (中抗) 至 5 級 (中感) 之間，較對照品種介於 5 級至 7 級之間略低，因此「台農 86 號」在第 1 期作應適時收穫，以避免由於過晚收穫致使脫粒性提高，進而造成產量損失。

生物性逆境檢定

「台農 86 號」對於生物性逆境之檢定結果如表 7 所示，「台農 86 號」於水田式病圃成株期之稻熱病檢定表現，2018–2019 年在嘉義病圃葉稻熱病罹病等級介於 2 級 (抗) 至 5 級 (中抗) 之間，穗稻熱病介於 3 級 (中抗) 至 5 級 (中感) 之間；在台東關山病圃葉稻熱病罹病等級為 2 級 (抗) 至 3 級 (抗) 之間，穗稻熱病介於 1 級 (抗) 至 3 級 (抗) 之間。「台農 86 號」在旱田式病圃檢定幼苗期葉稻熱病，2018–2019 年第 1 期作罹病等級皆為 2 級 (抗)，第 2 期作介於 3 級 (抗) 至 4 級 (中抗) 之間。綜合「台農 86 號」在不同年度期作及地區間對於稻熱病之檢定表現，幼苗期葉稻熱病之罹病反應介於中抗至抗級之間，抗病性優於對照品種。成株期葉稻熱病之罹病反應介於中抗至抗級之間，穗稻熱病介於中感至抗級之間，抗病性均優於對照品種。然而為避免因栽培面積擴大後，可能造成病原菌生理小種發生改變，致使抗病性喪失 (Chien *et al*.1989)，故仍應視氣象條件或疫情警報發布狀況予以適時防治，以避免產量及品質損失。

「台農 86 號」對於白葉枯病之檢定結果，在 2018 年第 1、2 期作均以接種 XF116 菌株之罹病等級 7 級 (感) 為最高，對於 XE2 及 XF135 菌株之罹病等級則介於 3 級 (中抗) 至

表 6. 「台農 86 號」之非生物性逆境檢定結果。

Table 6. Resistance of 'Tainung 86' to abiotic stresses.

	1st crop season			
	2018		2019	
Abiotic stress	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'
Lodging	1	1	5	7
Cold tolerance	1	1	3	3
Pre-harvest sprouting	9	5	1	9
Shattering	9	7	7	7
	2nd crop season			
Lodging	1	1	5	1
Cold tolerance	7	3	3	3
Pre-harvest sprouting	9	9	5	5
Shattering	5	7	3	5

5 級 (中感) 之間；2019 年第 1 期作則以 XE2 菌株之罹病等級 9 級 (極感) 為最高，其他 2 種菌株之罹病等級則均為 5 級；第 2 期作 3 種菌株之罹病等級均為 3 級。綜合「台農 86 號」在不同年度期作間對於白葉枯病之檢定表現，其罹病反應大致介於中抗至極感級之間，不同年度間優勢致病菌株亦不一致，顯示該品種之抗病性不穩定，必須適時加以防治。

「台農 86 號」對於紋枯病之檢定結果，在 2018–2019 年第 1 期作之罹病等級均為 9 級 (極感)，第 2 期作則介於 7 級 (感) 至 9 級之間，顯示該品種對於紋枯病不具抗性。

「台農 86 號」對於褐飛蝨、白背飛蝨及斑飛蝨等主要危害水稻飛蝨之檢定結果，在褐飛蝨檢定幼苗期方面，「台農 86 號」於 2018–2019 年之蟲害等級均表現為 5 級 (中抗)，而對照品種均表現為 9 級 (極感)；在成株期方面，「台農 86 號」於 2018–2019 年之蟲害等級表現介於 3 級 (抗) 至 5 級 (中抗) 之間，而對照品種則介於 5 級至 7 級 (感) 之間。白背飛蝨及斑飛蝨均僅於幼苗期進行檢定，「台農 86 號」與對照品種在 2018–2019 年之蟲害等級表現同樣介於 7 級至 9 級 (極感) 之間。檢定結果顯示「台農 86 號」在幼苗期及成株期對於褐飛蝨均具有中等以上抗性，且優於對照品種，然而對於白背飛蝨及斑飛蝨則與對照品種同樣不具抗性，因此當蟲口密度接近或高於警戒值，必須及時防治，以避免造成產量損失。

稻米品質及米飯食味官能檢定

稻米碾米外觀品質及理化特性檢定

「台農 86 號」之稻米碾米外觀品質及理化特性檢定如表 8 所示，在碾米品質方面，「台農 86 號」之穀粒容重量第 1 期作為 533.0 g L^{-1}、第 2 期作為 548.7 g L^{-1}，均達到公糧允收標準以上，惟較對照品種為低，據研究指出，稻穀容重量會隨著氮肥施用量增加而降低 (Lai *et al*. 1997)，因此應避免施用過量氮肥造成容重量下降。糙米率、白米率及完整米率在第 1 期作均較對照品種為高，在第 2 期作則較低。在稻米外觀品質方面，「台農 86 號」之稻米粒型與對照品種同樣屬於粗短型；「台農 86 號」之稻米透明度在兩期作均優於對照品種；「台農 86 號」之稻米白粉質率 (即心白率、腹白率及背白率之總和) 在第 1 期作較對照品種為低，但第 2 期作則較高。綜合以上檢定結果，顯示「台農 86 號」之碾米及外觀品質在第 1 期作優於對照品種，第 2 期作則較差，因此在第 2 期作栽培首先應注意適時收穫，避免因延遲收穫致使稻穀水分含量偏低，容易因日夜濕度差異造成穀粒水分吸收不均，穀粒內外水分壓力差過大，導致穗上胴裂增加 (Nagato *et al*. 1964)，碾製時碎米過多影響碾米品質。其次須注意穗肥施用時機，避免穀粒充實期因劍葉快速老化致使穀粒澱粉充實不足，造成白粉質

表 7. 「台農 86 號」之生物性逆境檢定結果。

Table 7. Resistance of 'Tainung 86' to biotic stresses.

Pests		1st crop season			
		2018		2019	
		'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'
Leaf blast[z]	Chiayi	5/2	7/9	2/2	9/9
	Kuanshan	3	8	2	8
Panicle blast	Chiayi	5	7	3	9
	Kuanshan	1	7	3	7
Bacterial leaf blight[y]	XE2	5	7	9	9
	XF116	7	7	5	5
	XF135	5	5	5	3
Sheath blight		9	9	9	5
Brown planthopper[x]	Seedling	5	9	5	9
	Adult	3	7	5	5
White backed planthopper	Seedling	9	9	7	7
Smaller brown planthopper	Seedling	9	9	7	9
		2nd crop season			
Leaf blast[w]	Chiayi	4	8	3	6
Bacterial leaf blight	XE2	5	5	3	3
	XF116	7	7	3	3
	XF135	3	5	3	3
Sheath blight		9	9	7	9

[z] Rice blast was rated in the paddy disease nurseries in Chiayi and Kuanshan.
[y] Bacterial leaf blight was inoculated in the paddy disease nursery using strains XE2, XF116 and XF135.
[x] Brown planthopper was rated in the greenhouse at seedling and adult stage.
[w] Leaf blast was rated in the upland disease nursery in Chiayi.

粒過多的現象，影響外觀品質 (Yoshino *et al.* 2007)。在稻米理化性質方面，「台農 86 號」之糊化溫度與對照品種同樣屬於低糊化溫度，凝膠展延性與對照品種同樣屬於軟膠體，顯示「台農 86 號」米飯烹煮時間較短，米飯質地鬆軟。「台農 86 號」之直鏈澱粉含量在兩期作中介於 15.8–20.3% 之間，屬於低 – 中直鏈澱粉含量，與對照品種同等級。「台農 86 號」之粗蛋白質含量在兩期作中介於 6.3–6.4% 之間，較對照品種略高。

米飯食味官能檢定

「台農 86 號」之米飯食味官能檢定如表 9 所示，2018 及 2019 年第 1 期作之米飯外觀、香味、口味、黏性、硬性及食味總評等項目，「台農 86 號」與對照品種均同樣為 B 級；第 2 期作除了米飯硬性為 A 級較對照品種為硬之外，其他各項食味品質亦與對照品種相同為 B 級。至於「台農 86 號」之米飯較硬的原因，可能由於粗蛋白質含量較高之影響所致 (Chamura *et al.* 1972)，因此栽培時應避免施用過量氮肥

表 8. 「台農 86 號」之米粒理化特性檢定結果。

Table 8. Grain physicochemical characteristics of 'Tainung 86'.

	1st Crop season		2nd Crop season	
Physicochemical characteristics	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'
Volumetric weight (g L^{-1})	533.0	547.5	548.7	577.0
Water content (%)	14.3	13.9	13.9	13.9
Milling quality				
Brown rice (%)	81.5	79.8	80.3	82.6
Total milled rice (%)	67.9	64.0	73.2	74.8
Head rice (%)	52.5	47.2	68.0	70.9
Grain appearance				
Brown rice length[z]	5.32S	5.24S	5.39S	5.38S
Brown rice shape[y]	1.74B	1.73B	1.74B	1.73B
Translucency	3.3	3.8	2.8	3.0
White center	0.05	0.04	0.02	0.14
White belly	0.74	0.09	0.42	0.15
White back	0.00	1.54	0.07	0.00
Cooking and eating quality				
Gelatinization temp.[x]	L	L	L	L
Amylose content (%)	15.8	14.3	20.3	20.3
Crude protein content (%)	6.4	6.0	6.3	6.2
Gel consistency[w]	88S	89S	85S	89S

[z] Length of brown rice: Extra-long: > 7.50 mm; Long: 6.61–7.50 mm; Medium: 5.51–6.61 mm; and Short: < 5.51 mm.
[y] Length and width ratio of brown rice: S (slender): > 3.0; I (intermediate): 2.1–3.0; and B (bold): < 2.1.
[x] Gelatinization temp: H: 74.5–80℃; I: 70–74℃; L: < 70℃.
[w] Length of gel: H: < 41 mm; M: 41–60 mm; S: > 61 mm.

表 9. 「台農 86 號」之米飯食味官能檢定結果。

Table 9. Organoleptic evaluation for rice palatability of 'Tainung 86'.

	1st crop season				2nd crop season			
	2018		2019		2018		2019	
Grain palatability	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'	'TNG86'	'TK9'
Appearance	0.000 B[z]	0.000 B	0.188 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	0.100 B	0.000 B
Aroma	0.000 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	0.100 B	0.000 B
Flavor	-0.167 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	-0.111 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B
Stickiness	-0.111 B	0.000 B	0.000 B	0.000 B	-0.222 B	0.000 B	-0.050 B	0.000 B
Hardness	0.222 B	0.000 B	0.313 B	0.000 B	0.500 A	0.000 B	0.550 A	0.000 B
Overall	-0.056 B	0.000 B	-0.111 B	0.000 B	-0.111 B	0.000 B	-0.100 B	0.000 B

[z] A: better than the check cultivar; B: same as the check cultivar; C: worse than the check cultivar.

及過晚施用穗肥，以免稻米粗蛋白質含量偏高影響米飯食味。

不同氮肥施用量之稻穀儲藏試驗食味檢定

在不同氮肥施用量情形下，「台農 86 號」之稻穀儲藏試驗食味檢定結果如表 10 所示。首先就氮肥施用量 120 kg ha^{-1} 而言，「台農 86 號」稻穀在室溫及低溫環境下隨著儲藏時間的增加，其米飯外觀、食味、硬度檢定評分均大致略呈下降，而黏度為持平或略增的趨勢，但

表 10. 「台農 86 號」之稻穀儲藏試驗食味檢定結果。

Table 10. Rice palatability of ‘Tainung 86’ at different storage temperatures for different durations.

	Dosage of N-application: 120 kg ha^{-1}															
	Ambient storage								Cold storage							
	1^{st} mo		2^{nd} mo		3^{rd} mo		4^{th} mo		1^{st} mo		2^{nd} mo		3^{rd} mo		4^{th} mo	
Grain palatability	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’	‘TNG86’	‘TK9’
Appearance	7.9B[z]	7.6B	8.1A	7.9B	7.9B	7.7B	7.7B	7.6B	8.2A	8.0B	7.8B	7.8B	8.1A	7.9B	8.0B	7.7B
Flavor	78.9B	75.2B	80.4A	77.8B	78.9B	75.6B	77.7B	75.0B	80.6A	77.1B	77.2B	76.4B	80.6A	76.9B	79.9B	76.0B
Hardness (kgf)	4.5B	4.6B	4.1B	4.2B	4.3B	4.4B	4.0B	4.2B	4.0B	4.6B	4.0B	4.3B	4.0B	4.3B	3.9B	4.0B
Stickiness (kgf)	0.7B	0.6B	0.8B	0.7B	0.7B	0.8B	0.7B	0.7B	0.6B	0.8B	0.7B	0.8B	0.8B	0.8B	0.7B	0.9B
	Dosage of N-application: 200 kg ha^{-1}															
Appearance	7.7B	7.6B	7.9B	7.6B	7.7B	7.5B	7.5B	7.1B	7.8B	7.6B	7.9B	7.6B	7.6B	7.6B	7.6B	7.5B
Flavor	76.7B	74.4B	78.1B	74.2B	77.2B	73.7B	76.3B	70.5B	78.1B	74.5B	78.1B	74.3B	77.0B	74.0B	76.6B	74.0B
Hardness (kgf)	4.3B	4.6B	4.6B	4.6B	4.6B	4.8B	4.5B	4.8B	4.0B	4.6B	4.1B	4.4B	4.2B	4.4B	4.2B	4.4B
Stickiness (kgf)	0.7B	0.7B	0.7B	0.8B	0.8B	0.8B	0.7B	0.8B	0.7B	0.7B	0.7B	0.8B	0.7B	0.8B	0.7B	0.8B

[z] A: better than the check cultivar; B: same as the check cultivar; C: worse than the check cultivar.

檢定評等除了外觀及食味兩項在室溫儲藏第 2 個月與低溫儲藏第 1、3 個月相較於對照品種為 A 級之外，其他項目均與對照品種相同保持為 B 級。其次就氮肥施用量 200 kg ha^{-1} 而言，「台農 86 號」稻穀在室溫及低溫環境下隨著儲藏時間的增加，其米飯外觀及食味檢定評分均大致略呈下降趨勢；米飯硬度隨著儲藏時間增加，在室溫儲藏下呈現下降趨勢，但是在低溫儲藏下卻反而上升；米飯黏度則無論是室溫或低溫儲藏，隨著儲藏時間增加均大致保持平穩。相較於對照品種，在不同儲藏條件下各檢定項目之檢定評等均同樣為 B 級。綜合以上檢定結果，「台農 86 號」稻穀在室溫或低溫儲藏環境下，試驗儲藏時間內之稻米各項食味檢定評等並無明顯劣化現象，顯示具有耐儲藏之特性。比較不同氮肥施用量對於稻米儲藏食味品質的影響，雖然兩種施肥量之稻米食味評等大致相同，然而食味評分則均以施用重氮肥者為低，因此在肥培管理上仍以合理氮肥施用量為宜。

討論

「台農 86 號」的選育過程係採取修飾混合法，於 F_2–F_4 世代先將農藝特性不良或未來無栽培生產價值之材料汰除後單株單穗混合收穫，同時於 F_4 世代進行米粒外觀品質篩選，F_5 世代之後以譜系法針對產量特性及抗病蟲性進行品系選拔及純化，並於 F_7 世代高級產量試驗進行各品系味度值檢定，如此一方面可因混合收穫維持族群較大之遺傳變異，增加後期世代選拔的機會，另一方面可減少傳統譜系育種法對於人力及資源大量投入，育種期程亦不至過於冗長，值得作為高產良質水稻育種模式建立之參考。

台灣過去育成之水稻品種，其稻熱病抗性通常在推廣後 2–5 年內即減弱呈感病現象 (Chen *et al*. 2004; Chen *et al*. 2009)。「台農 84 號」自 2010 年命名迄今，每年兩期作於本分所稻熱病病圃中進行檢定，其罹病反應大致保持為抗級反應，尚未發現有衰退情形 (資料未列出)。目前已知「台農 84 號」的抗病來源可能來自 *Pita* 基因 (Chang 2015)，至於「台農 86 號」之抗病來源是否與「台農 84 號」相同，則有待進一步探討。

台灣目前育種過程中於各選拔世代並未導入食味選拔及操作，一般需至區域試驗時方經台中區農業改良場進行參試材料的品質特性及食味官能品評，此時方才能得知最後獲選之材料食味良劣，此時由於品系之各遺傳特性已然固定，因此能否選育到優良食味之品系只能全憑運氣。為解決此一瓶頸，本研究設計於高級產量試驗時進行味度計分析，由於高級產量試驗需收穫參試品系 4 重複小區材料進行產量潛能評估，因此若能利用這些收穫材料進行味度良劣評估，如此便可在參試品系較多之高級試驗中選出高產量且品質優越之品系，如本研究選拔之參試品系嘉農育 1061006 號之味度值得分為 61，遠低於嘉農育 1061008 號 (即「台農 86 號」) 之得分為 73 (資料未列出)，顯示若高級產量試驗未導入味度檢定分析，因來自相同雜交組合之品系其仍存在相當大的口感表現差異，在無充分瞭解品系口感良劣的情形下，僅依農藝特性及稻穀產量表現便進行選拔的情形下，其誤選食味口感表現較差之材料進入區域試驗之機會仍會相當高，只有高級產量試驗導入食味口感之味度分析，如此才能有效提高育種效率。

目前在全球氣候變遷的環境下，作物生產面臨前所未有的嚴峻挑戰，因此作物品種對於不同時空環境是否具有普遍的農業生產穩定性，就糧食生產安全而言實有相當重要的意義。評估品種穩定性，實際上即針對產量統計模式中基因型 – 環境交感 (genotype-environment interaction; GEI) 的部分進行分析，歷年來從事遺傳育種或統計研究之學者針對 GEI 提出各式各樣的分析方法，在實際應用及解釋上亦各有其侷限性。例如 Finlay & Wilkinson (1963) 以各品種在各環境下的產量表現為反應變數，對於各環境下的產量平均值作為自變數進行回歸分析，並以配適估計之回歸係數 b_i 作為穩定性指標。Eberhart & Russell (1966) 同樣使用回歸分析法來解析 GEI，其與 Finlay & Wilkinson (1963) 方法不同之處在於自變數 x 為各環境產量平均值與總平均值之差，稱為環境指標，並且除了原有的穩定性指標回歸係數

β 之外，新增 1 個稱為回歸離差估值 $s_{d_i}^2$ 的指標。以上兩種回歸分析評估作物穩定性方法因直觀易懂且計算簡易，曾受到育種人員的廣泛使用。然而無論是「環境均值」或「環境指標」等這些自變數 x 都是透過反應變數 y 的導出值，並非獨立的自變數，違反高斯-馬可夫定理 (Gauss-Markov theorem) 中對於自變數必須非隨機變數的假設，因此估計所得回歸係數並不是最佳線性無偏估值 (best linear unbiased estimates; BLUE)。線性回歸模式分析顯示「台農 86 號」屬於高產但是對於環境反應敏感的品種，在桃園、嘉義及台東等適當環境下可表現出高產效果，但是針對模式中各項變異組成成分進行 ANOVA 分析，發現 GEI 與環境之線性成分均方檢定為不顯著 (資料未列出)，表示資料與線性假設未盡符合，由此估算之回歸係數 b_i 無法充分說明品種對於環境之反應特性。Gauch (1988) 利用奇異值分解 (singular value decomposition) 配合 ANOVA 分析，將非可加性的 GEI 矩陣降維分解為數個顯著之主成分軸以進一步解釋 GEI 成分，進而提出結合 ANOVA 與主成分分析的 AMMI 模式分析法。Lin & Binns (1988) 則提出「優勢測度」(superiority measure) 之 GEI 無母數估計方法，某品種 i 的優勢指數 P_i 等於 G 效應平方和與 G × E 效應平方和之加總，若 P_i 值愈小則代表品種 i 對環境適應性愈佳。AMMI 及優勢測度兩種穩定性分析模式均避開線性回歸模式的缺點，而「台農 86 號」在這兩種分析模式中，無論是特殊穩定性或一般穩定性皆有相對良好之表現。

「台農 86 號」具有高產、米粒外觀及食味品質佳、對於葉稻熱病及褐飛蝨具有中等以上抗性，可減少農藥防治成本提高農民收益，符合食品安全及友善環境目標，預期將受到農民及消費者歡迎。本品種耐貯藏特性佳，因此作為外銷國際稻米市場之主要品種亦極具競爭力，可開創稻作產業永續發展的新局。

誌謝

本品種育成承行政院農業委員會經費挹注，各試驗改良場所稻作專家協助區域產量試驗及特性檢定，以及本分所農藝系作物逆境育種研究室同仁協助田間栽培管理與資料調查分析，謹此併致謝忱。

引用文獻

Cagampang, G. B., C. M. Perez, and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agric. 24:1589–1594. doi:10.1002/jsfa.2740241214

Chamura, S., Y. Honda, K. Iida, and F. Tubokawa. 1972. Studies on the relation between the types of soil and the palatability of paddy rice: II. On the relation between chemical characters of rice grains and taste of cooked rice. Jpn. J. Crop Sci. 41:244–249. (in Japanese with English abstract) doi:10.1626/jcs.41.244

Chang, W. B. 2015. Identification of quantitative trait loci for blast resistance in Taiwan rice variety Tainung 84. Master Thesis. Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 126 pp. (in Chinese with English abstract)

Chen, L. C., Y. S. Chen, and Y. H. Cheng. 2004. Test of rice varieties and strains resistant to rice blast in blast nurseries during 1990–2002. J. Agric. Res. China 53:269–283. (in Chinese with English abstract) doi:10.29951/JARC.200412.0006

Chen, L. C., S. H. Huang, and C. H. Cheng. 2009. Review of the screening tests for rice varietal resistance to major diseases and insect pests in Taiwan. p. 83–103. *in*: Proceedings of Symposium on Achievements and Perspectives of Rice Protection in Taiwan. July 9, 2009. Taichung, Taiwan. Taiwan Agric. Res. Inst. Publ., Taichung. (in Chinese with English abstract)

Chen, L. C., D. J. Liao, S. H. Huang, W. S. Jwo, H. M. Yen, J. C. Lo, and R. K. Chen. 2011. Breeding a new Japonica rice variety Tainung 84. J. Taiwan Agric. Res. 60:221–238. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR/2011.06003.07

Chien, C. C., L. C. Hsieh, and Y. C. Chang. 1989. Studies on the break-down of resistance in rice cultivar Tainung 70 to rice blast. J. Agric. Res. China. 38:72–79. (in Chinese with English abstract) doi:10.29951/JARC.198903.0006

de Mendiburu, F. 2021. Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-5. https://CRAN.R-project.org/package=agricolae (visit on 06/10/2022)

Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6:36–40. doi:10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x

Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14:742–754.

Gauch, H. G., Jr. 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. Biometrics. 44:705–715. doi:10.2307/2531585

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today 16:334–338.

Lai, M. H., C. C. Chen, Y. C. Kuo, C. G. Chern, C. P. Li, T. H. Tseng, and Y. C. Lin. 1997. The relationship between grain productivity and nitrogen-fertilizer rate of currently cultivated rice cultivars II. The effects of different nitrogen rates on volume weight and quality traits in rice. J. Agric. Res. China. 46:1–14. (in Chinese with English abstract) doi:10.29951/JARC.199703.0001

Lin, C. S. and M. R. Binns. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. Can. J. Plant Sci. 68:193–198. doi:10.4141/cjps88-018

Little, R. R., G. B. Hilder, and E. H. Dawson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35:111–126.

Nagato, K., M. Ebata, and M. Ishikawa. 1964. On the formation of cracks in rice kernels during wetting and drying of paddies. Jpn. J. Crop Sci. 33:82–89. (in Japanese with English abstract) doi:10.1626/jcs.33.82

Olivoto, T. 2022. metan: Multi environment trials analysis. R package version 1.17.0. https://CRAN.R-project.org/package=metan (visit on 06/10/2022)

Perez, C. M. 1979. Gel consistency and viscosity of rice. p.293–302. *in*: Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. October 23–25, 1978. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute Publ., Manila, Philippines. 390 pp.

R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://cran.r-project.org/manuals.html (visit on 02/12/2022)

Whiteouse, R. N. H. 1953. Breeding for yield in the cereals. Heredity. 7:146–147.

Wu, Y. P. and H. S. Lur. 2002. Rice mutation breeding. Chinese Agron. J. 12:219–239. (in Chinese with English abstract)

Yoshino, Y., K. Ota, K. Arihara, and Y. Koyama. 2007. The effect of topdressing at ear formation stage on brown rice on the quality and crude protein content of brown rice. Bull. Chiba Agric. Res. Cent. 6:95–102. (in Japanese)

Zhang, Z., C. Lu, and Z. Xiang. 1998. Analysis of variety stability based on AMMI model. Acta. Agra. Sin. 24:304–309. (in Chinese with English abstract)

Breeding of New Japonica Rice Cultivar ‘Tainung 86’

Yong-Pei Wu[1], Ya-Yi Huang[2], Szu-Yi Chou[3], and Dah-Jing Liao[1,*]

Abstract

Wu, Y. P, Y. Y. Huang, S. Y. Chou, and D. J. Liao. 2023. Breeding of new Japonica rice cultivar ‘Tainung 86’. J. Taiwan Agric. Res. 72(1):63–80.

New Japonica rice cultivar, ‘Tainung 86’, was hybridized by ‘Tainung 84’, a female parent with high grain yield and resistance to diseases and insects, and ‘Tainung 82’, a male parent with low grain protein in the 1st crop season of 2014 in Chiayi branch station, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). From F_2–F_4 generations, modified bulk method was implemented to select separated lines, and pedigree method was applied to select new separated lines after F_5 generations. New rice line, Chianung-yu 1061008, was selected to take part in regional trial and particular character test in the 1st crop season of 2018. It was formally named ‘Tainung 86’ by a review committee in 2021. ‘Tainung 86’ has stable grain yield, good grain appearance and eating quality, moderately resistance to leaf blast and brown planthopper. It also improved the weaknesses from female parent-low grain yield and susceptibility to bacterial leaf blight, and male parent-susceptibility to rice blast.

Key words: Rice, Japonica rice, *Qryza sativa* ‘Tainung 86’, Modified bulk method.

Received: September 8, 2022; Accepted: January 5, 2023.
[*] Corresponding author, e-mail: djliao@tari.gov.tw
[1] Associate Research Fellows, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
[2] Project Assistant, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.
[3] Assistant Research Fellow, Agronomy Department, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

Editorial Board

Editor-in-Chief

Hsieh, Ting-Fang
Office of the Secretary General, Taiwan Agricultural Research Institute

Deputy Editor-in-Chief

Shih, Hsien-Tzung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Editors

Ann, Pao-Jen
Division of Plant Pathology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chang, Ruey-Jang
Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute

Chang, Yung-Ho
Department of Food and Nutrition, Providence University

Chen, Chien-Chung
Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Chiling
Division of Agricultural Chemistry, Taiwan Agricultural Research Institute

Chen, Iou-Zen
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University

Chen, Suming
Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Taiwan University

Chung, Wen-Hsin
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Do, Yi-Yin
Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University

Hou, Feng-Nan
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Huang, Biing-Wen
Department of Applied Economics, National Chung Hsing University

Huang, Chao-Chia
Division of Crop Science, Taiwan Agricultural Research Institute

Huang, Jenn-Wen
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Huang, Yuh-Ming
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Juang, Kai-Wei
Department of Agronomy, National Chiayi University

Ku, Hsin-Mei
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Kuo, Bau-Jeng
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Lin, Huey-Ling
Department of Horticulture, National Chung Hsing University

Lin, Yann-Rong
Department of Agronomy, National Taiwan University

Liu, Li-Yu
Department of Agronomy, National Taiwan University

Lu, Hsiu-Ying
Miaoli District Agricultural Research and Extension Station

Lu, Kuang-Hui
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Tsay, Jyh-Rong
Taiwan Agricultural Research Institute

Tzou, Yu-Min
Department of Soil and Environmental Sciences, National Chung Hsing University

Wang, Chan-Sen
Department of Agronomy, National Chung Hsing University

Yang, Chwen-Ming
Department of Post Modern Agriculture, MingDao Unviersity

Yang, Jeng-Tze
Department of Entomology, National Chung Hsing University

Yen, Gow-Chin
Department of Food Science and Biotechnology, National Chung Hsing University

English Editorial Board

Chang, Chung-Jan
Department of Plant Pathology, University of Georgia, USA

Chung, Kuang-Ren
Department of Plant Pathology, National Chung Hsing University

Wang, Yin-Tung
Department of Horticultural Sciences, Texas A&M University, USA

Yang, Chin-Cheng Scotty
Department of Entomology, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA

Invited Editor

Yuan, Ming-Shu
College of Journalism and Communications, Shih Hsin University

Editorial Assistants

Huang, Yu-Chun
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research

Wang, Li-Jung
Editorial Office of Journal of Taiwan Agricultural Research

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

Vol. 72 No. 1 March 31, 2023

Published by Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture

Publisher	Hsueh-Shih Lin
Editor-in-Chief	Ting-Fang Hsieh
Address	No.189, Zhongzheng Rd., Wufeng Dist., Taichung City 413008, Taiwan, ROC
Website	https://www.tari.gov.tw/jtar; E-mail: jtar@tari.gov.tw; Tel: +886-4-2331-7236
Submission	https://www.ipress.tw/J0042
Press	Ainosco Press
Address	18F, No.80, Sec.1, Chenggong Rd., Yonghe Dist., New Taipei City 234634, Taiwan, ROC
Tel	+886-2-2926-6006
E-mail	press@airiti.com
Price	NT$ 175 (per copy)
Distributor	1. GB Books / 1F., No.209, Songjiang Rd., Taipei City 104472, Taiwan, ROC GB Website: http://www.govbooks.com.tw; Tel: +886-2-2518-0207 2. Wunan Books / No.6, Zhongshan Rd., Taichung City 400002, Taiwan, ROC; Tel: +886-4-2226-0330